नेपाल सरकार

जल तथा ऊर्जा आयोगको सचिवालय

सिंहदरबार, काठमाडौं।

औद्योगिक क्षेत्रहरुको लागि ऊर्जा परिक्षण निर्देशिका

गिफ कन्सल्टेन्सी प्राइभेट लिमिटेड

गौशाला – ८, काठमाडौं

फोन/फ्याक्स: ०१-५१८६३०८

giefconsultancy091@gmail.com;

www.giefnepal.com

असोज, २०७७

भूमिका

जल तथा ऊर्जा आयोगको सचिवालयले नेपालमा ऊर्जा सम्बन्धी तथ्यांकको संकलन तथा विश्लेषण गर्ने काम गर्दछ।विशेषतः सचिवालयको ऊर्जा महाशाखाले यस क्षेत्रको तथ्यांक संकलन, विश्लेषण, र ऊर्जा सम्बन्धी आगामी योजनाका कामहरु गरिरहेको छ। असीम प्रयास र श्रोतहरुकासाथ, सचिवालयले राष्ट्रिय ऊर्जा नीति,२०७०, ऊर्जा दर्शन, २०५० र ऊर्जा क्षेत्र सारांश प्रतिवेदन (Energy Sector Synopsis report) तयार गर्यो। यी सबै नीति तथा दर्शनहरुमा ऊर्जाको माग प्रक्षेपण गरिएको छ। ऊर्जाको माग प्रक्षेपण देशको भविष्यमा गरिने ऊर्जा सम्बन्धी योजनाहरुको लागि आवश्यक हुन्छ।

अर्थतन्त्रका विविध क्षेत्रहरुमा ऊर्जाको दक्ष प्रयोगको सुनिश्चितता ऊर्जा आवश्यकतानुसार पुर्ति भए नभएको मापन गर्ने एउटा औजार हो । यस सन्दर्भमा सचिवालयले औद्योगिक क्षेत्रको ऊर्जा परिक्षण निर्देशिका तयार गरेको हो। यो निर्देशिकाले सम्बन्धित क्षेत्रमा ऊर्जा दक्षताका तरिकाहरु अपनाई तिनमा खेर जाने ऊर्जा घटाउन मद्दत गर्ने आशा राखेको छ।

विभिन्न मुलुकहरुमा गरिएका अध्ययनहरुले औद्योगिक क्षेत्रमा उल्लेख्य ऊर्जा दक्षता सुधारका अवसरहरु रहेको देखाएका छन्। यी सुधारका उपायहरु कम लगानी पर्ने खालका छन्। यी ऊर्जा दक्षता सुधारका विकल्पहरुमा क्षेत्र विशेष तथा क्रस-कटिङ दुबै विधिहरु समावेश छन्। औद्योगिक क्षेत्रहरु सधैं ऊर्जा दक्षता सुधारका सम्भावनाहरुप्रति सतर्क रहँदैनन् र उपायहरु अवलम्बन गर्दैनन्। ऊर्जा परिक्षण गर्नु यी सम्भावनाहरुको पहिचान गर्ने पहिलो पाइलाहरु मध्ये एक हो। धेरै औद्योगिक क्षेत्रहरुमा आफ्ना उपकरणहरुका लागि प्रभावकारी ऊर्जा परिक्षण गर्ने क्षमता हुँदैन। नेपाल सरकारका नीति तथा कार्यक्रमहरु ऊर्जा दक्षताको सुधार गरेर उद्यमीहरुबीच प्रतिस्पर्धा बढाउन सहायता गर्ने उद्देश्य राख्दछन्। यद्यपि विशेष गरी साना तथा मझौला उद्योगहरुको ऊर्जा दक्षता सुधारका लागि प्रायशः सिमित प्राविधिक तथा आर्थिक श्रोतहरु मात्र उपलब्ध छन्।

यो ऊर्जा परिक्षण निर्देशिकाले ऊर्जा परिक्षणकर्ताहरु, ऊर्जा व्यवस्थापकहरु र औद्योगिक क्षेत्रमा ऊर्जा संरक्षण गतिविधिमा सहभागी सबै सरोकारवालाहरुलाई मार्गदर्शन गर्न चरणबद्ध विधिहरु प्रदान गर्ने आशय राखेको छ। ऊर्जा परिक्षणका महत्वपूर्ण पक्षहरु ऊर्जा उपयोग गर्ने उपकरणहरुको तालिका बनाउनु र ऊर्जा उपयोगको मापन गर्नु, ऊर्जा खपत र खर्चको विश्लेषण गर्नु, मापदण्ड कायम गर्नु, ऊर्जा उपयोगको नमुना विश्लेषण गर्नु, ऊर्जा दक्षताका अवसरहरु पहिचान गर्नु, लागत-बचत विश्लेषण गर्नु, ऊर्जा परिक्षण प्रतिवेदनहरु तयार गर्नु र परिक्षण पश्चातका गतिविधिहरु संचालन गर्नु हुन्। यो निर्देशिकाले ऊर्जा परिक्षणकर्ताहरुलाई व्यवस्थित तरिका अनुशरण गर्दै बिना कुनै झन्झट उद्योगहरुको ऊर्जा परिक्षण संचालन गर्न सहयोग गर्नेछ।

सारांश

यस ऊर्जा परिक्षण निर्देशिकाको आशय औद्योगिक क्षेत्रहरुमा हुनसक्ने ऊर्जा बचतका अवसरहरुको पहिचान र कार्यान्वयनको सम्बन्धमा मार्गदर्शन गर्नु हो। यसले ऊर्जा दक्ष उपकरण र उपलब्ध प्रविधिहरुका बारेमा व्यवस्थापकहरु र सर्वसाधारणमा जनचेतना जगाउने लक्ष्य राख्नुका साथै उपयोगी निवेशहरुको अवसर पनि प्रदान गर्दछ। यो निर्देशिका अपनाउनाले व्यवस्थित तरिकाबाट ऊर्जा उपयोगमा कमी ल्याउन मद्दत गर्नेछ, ऊर्जा बचतका अवसरहरुको पहिचान तथा कार्यान्वयन र ऊर्जा दक्षता प्राप्त गर्नुका साथै ऊर्जा खपत गर्ने उपकरणहरुको अझै राम्रो उपयोग गराउनेछ। यस निर्देशिकाले व्यावसायिक संस्थाहरुलाई ऊर्जा दक्षताका अवसरहरु पहिचानको लागि रणनीतिको विकास गर्न र विकल्पहरुको कार्यान्वयनको लागि कार्य योजनाको विकास गर्न चरणबद्ध सुझावहरु प्रदान गर्नेछ। ऊर्जा दक्षताको विकास, कार्यान्वयन र प्रवर्द्धनको क्षेत्रमा काम गर्ने राष्ट्रिय संस्थाहरुको संस्थागत व्यवस्था तथा क्षमता सुदृढ पार्ने रणनीति, नीति तथा विधिहरुको सिफारिस गर्न पनि यस ऊर्जा परिक्षण निर्देशिकाको प्रयोग गर्न सक्दछन्।

औद्योगिक क्षेत्रहरुको लागि तयार भएको ऊर्जा परिक्षण निर्देशिकाको उद्देश्य औद्योगिक क्षेत्रहरुमा हुनसक्ने ऊर्जा बचतका अवसरहरुको पहिचान प्रक्रिया र कार्यान्वयनको मार्गदर्शन गर्नु हो। यसले ऊर्जा दक्ष उपकरण र उपलब्ध प्रविधिहरुका बारेमा मालिक/व्यवस्थापकहरु र सर्वसाधारणमा जनचेतना जगाउने लक्ष्य राख्नुका साथै उपयोगी निवेशहरु पनि प्रदान गर्दछ। यो निर्देशिका अपनाउनाले व्यवस्थित तरिकाबाट ऊर्जा उपयोगमा कमि ल्याउन मद्दत गर्नेछ, ऊर्जा बचतका अवसरहरुको पहिचान तथा कार्यान्वयन तथा ऊर्जा दक्षता प्राप्त गर्नुका साथै ऊर्जा खपत गर्ने उपकरणहरुको अझै राम्रो उपयोग पनि गराउनेछ।

यस निर्देशिकाको तयारीको लागि प्रथमतः उद्योगहरुका ऊर्जा खपतका आधाररेखाहरु स्थापित गर्न छानिएका इकाईहरुमा ऊर्जा परिक्षण गरिएको थियो। ४ सिमेन्ट, ४ स्टिल रोलिङ मिलहरु, ४ इटा भट्टाहरु, ४ चिनी, ४ डेरी, २ पेयपदार्थ, ४ चाउचाउ र ३ पल्प र पेपर उद्योग गरी जम्मा २९ उद्योगहरु अध्ययनका लागि छनौट गरिएका थिए। छनौट गरिएका उद्योगहरुको ऊर्जा खपत प्राप्त गरी हरेक क्षेत्रको विशिष्ट ऊर्जा खपत विवरण गणना गरिएको थियो। उपलब्ध उत्कृष्ट ऊर्जा दक्ष प्रविधिहरुको समिक्षाको साथै राष्ट्रिय, क्षेत्रीय तथा विश्वव्यापी अभ्यासहरुको पनि समिक्षा गरिएको थियो। प्रक्रियाको क्रममा सुधारका क्षेत्रहरु र ऊर्जा दक्षताका विकल्पहरुको पहिचान गरिएको थियो। कम वा बिना लागतका विधिहरुको कार्यान्वयनबाट ऊर्जा दक्षतामा सुधार ल्याउन पर्याप्त अवसरहरु छन्। विशिष्ट औद्योगिक क्षेत्रहरुको लागि स्थलगत भ्रमणको क्रममा पनि अवलोकनमा आधारित केही सिफारिसहरु प्रदान गरिएका छन्। ती औद्योगिक संस्थाहरुले प्रदान गरिएका विधिहरु अपनाउँदै ऊर्जा दक्षता प्राप्त गर्ने तर्फ कदम चाल्न सक्दछन्। यस निर्देशिकामा सूचना पानाहरु, गणनाका लागि शुत्रहरु तथा ऊर्जा परिक्षण प्रतिवेदन तयार गर्नको लागि रुपरेखा पनि समावेश छ।

आभारोक्ति

जल तथा ऊर्जा आयोगको सचिवालय "औद्योगिक क्षेत्रको ऊर्जा परिक्षण निर्देशिका" तयारी गर्ने क्रममा संलग्न विभिन्न औद्योगिक क्षेत्रहरुलाई धन्यवाद व्यक्त गर्न चाहन्छ। यो अध्ययन कार्य वहाँहरुको सहयोग बिना सम्पन्न हुन सक्दैनथ्यो।

स्थलगत भ्रमण र प्रतिवेदन तयारीका क्रममा योगदान पुर्याउनु हुने यस सचिवालयका टोली सदस्यहरुप्रति पनि सचिवालय आभारी छ । यस प्रतिवेदनको तयारीको क्रममा प्रतिक्रिया तथा सुझाव दिनुहुने संगठन, विज्ञ तथा ब्यक्तिहरुप्रति सचिवालय कृतज्ञता व्यक्त गर्दछ । यसबाहेक यस कार्यका दौरान परामर्श लिइएका संगठनहरुका विज्ञहरुप्रति समेत सचिवालय हार्दिक कृतज्ञता व्यक्त गर्दछ ।

यो "औद्योगिक क्षेत्रको ऊर्जा परिक्षण निर्देशिका" तयार गर्ने परामर्शदातृ संस्था गिफ कन्सल्टेन्सी प्रा.लि. र यस कार्यमा संलग्न सम्पूर्ण विज्ञहरुप्रति जल तथा ऊर्जा आयोगको सचिवालय विशेष आभार प्रकट गर्दछ ।

जल तथा ऊर्जा आयोगको सचिवालय,
सिंहदरबार, काठमाण्डौं।
वि.सं. २०७७ साल असोज

सामाग्री सूची

भूमिका....................i

सामाग्री सूची....................iv

तालिका सूची....................iix

आंकडा सूची....................x

संक्षेपिकरण....................xi

परिच्छेद १: परिचय....................१

१.१ पृष्ठभूमि....................१

१.२ औद्योगिक क्षेत्रहरुमा खपत हुने ऊर्जाका प्रकार....................२

१.३ नेपालमा विगतका र विद्यमान ऊर्जा दक्षता सम्बन्धी गतिविधिहरु....................२

१.४ नेपालमा ऊर्जा दक्षता सम्बन्धी नीति तथा कानूनहरु....................२

१.४.१ औद्योगिक व्यवसाय ऐन, २०७६....................२

१.४.२ औद्योगिक नीति, २०६७....................३

१.४.३ राष्ट्रिय ऊर्जा दक्षता रणनीति, २०७५....................३

२.१ ऊर्जा परिक्षण....................५

२.२ ऊर्जा परिक्षणको आवश्यकता....................५

२.३ ऊर्जा परिक्षणका प्रकारहरु....................६

२.४ ऊर्जा परिक्षण पद्दति....................७

२.४.१ प्रारम्भिक ऊर्जा परिक्षण पद्दति....................७

२.५ निश्चित ऊर्जा खपत गणना....................१२

परिच्छेद ३: औद्योगिक क्षेत्रको लागि ऊर्जा परिक्षण निर्देशिका....................१३

३.१ इटा भट्टा....................१३

३.१.१ नेपालमा इटा भट्टाहरु....................१३

३.१.२ ऊर्जा उपयोग र नेपाली इटा भट्टाहरुमा हुने निश्चित ऊर्जाको खपत....................१३

३.१.२.१ ऊर्जा उपयोग....................१३

३.१.२.२ इटा क्षेत्रमा हुने निश्चित ऊर्जा खपत....................१४

३.१.३ साधारण प्रक्रियाको कार्यतालिका....................१४

३.१.४ प्रक्रिया विवरण....................१५

३.१.५ इटा भट्टामा उल्लेख्य रुपमा ऊर्जा खपत हुने क्षेत्र तथा उपकरण....................१५

३.१.८ ऊर्जा परिक्षणको लागि नमुना संकलन तथा मापन १६
३.१.९ इटा भट्टामा ऊर्जा बचतका अवसरहरु १६
३.२.१ नेपालमा सिमेन्ट उद्योग १७
३.२.२ ऊर्जा उपयोग र नेपाली सिमेन्ट उद्योगहरुमा हुने निश्चित ऊर्जाको खपत १८
३.२.२.१ ऊर्जा उपयोग १८
३.२.२.२ सिमेन्ट क्षेत्रमा हुने निश्चित ऊर्जाको खपत १९
३.२.३ साधारण प्रक्रियाको कार्यतालिका १९
३.२.४ प्रक्रिया विवरण २१
३.२.५ सिमेन्ट उद्योगहरुमा उल्लेख्य ऊर्जा खपत हुने क्षेत्र तथा उपकरण २३
३.२.६ ऊर्जा परिक्षणको नमुना संकलन र मापन २३
३.२.७ सिमेन्ट उद्योगहरुमा सम्भावित ऊर्जा बचतका अवसरहरु २४
३.३.१ नेपालमा डेरी उद्योग २५
३.३.२ ऊर्जा उपयोग र नेपाली डेरी उद्योगमा हुने निश्चित ऊर्जाको खपत २६
३.३.२.१ ऊर्जा उपयोग २६
३.३.२.२ डेरी उद्योगमा हुने निश्चित ऊर्जाको खपत २६
३.३.३ साधारण प्रक्रियाको कार्यतालिका २६
३.३.४ प्रक्रिया विवरण २८
३.३.५ डेरी उद्योगहरुमा उल्लेख्य ऊर्जा खपत हुने क्षेत्र तथा उपकरण २८
३.३.६ ऊर्जा परिक्षणको लागि नमुना संकलन तथा मापन २९
३.३.७ डेरी उद्योगमा सम्भावित ऊर्जा बचतका अवसरहरु ३०
३.४.१ नेपालमा चाउचाउ उत्पादन ३१
३.४.२ ऊर्जा उपयोग र नेपाली चाउचाउ उत्पादन उद्योगहरुमा हुने निश्चित ऊर्जाको खपत ३१
३.४.२.१ ऊर्जा उपयोग ३१
३.४.२.२ चाउचाउ उत्पादन क्षेत्रमा हुने निश्चित ऊर्जा खपत ३२
३.४.३ साधारण प्रक्रियाको कार्यतालिका ३२
३.४.४ प्रक्रिया विवरण ३३
३.४.५ चाउचाउ उत्पादन उद्योगमा उल्लेख्य ऊर्जा खपत हुने क्षेत्र तथा उपकरण ३४
३.४.६ ऊर्जा परिक्षणका लागि नमुना संकलन तथा मापन ३४
३.४.७ चाउचाउ उत्पादन उद्योगहरुमा सम्भावित ऊर्जा बचतका अवसरहरु ३५

३.५.१ नेपालमा अल्कोहलमुक्त पेयपदार्थ ३६
३.५.२ ऊर्जा उपयोग र नेपाली अल्कोहलमुक्त पेयपदार्थ उद्योगमा हुने निश्चित ऊर्जा खपत ३६
३.५.२.१ ऊर्जा उपयोग ३६
३.५.२.२ अल्कोहलमुक्त पेयपदार्थ क्षेत्रमा हुने निश्चित ऊर्जा खपत ३७
३.५.३ साधारण प्रक्रियाको कार्यतालिका ३७
३.५.४ प्रक्रिया विवरण ३७
३.५.५ अल्कोहलमुक्त पेयपदार्थ उद्योगमा उल्लेख्य ऊर्जा खपत हुने क्षेत्र तथा उपकरण ३८
३.५.६ ऊर्जा परिक्षणको लागि नमुना संकलन तथा मापन ३८
३.५.७ अल्कोहलमुक्त पेयपदार्थ उद्योगमा सम्भावित ऊर्जा बचतका अवसरहरु ३९
३.६.१ नेपालमा पल्प र कागज निर्माण उद्योग ४०
३.६.२ ऊर्जा उपयोग र नेपाली पल्प तथा कागज उद्योगमा हुने निश्चित ऊर्जा खपत ४१
३.६.२.१ ऊर्जा उपयोग ४१
३.६.२.२ पल्प र कागज क्षेत्रमा हुने निश्चित ऊर्जा खपत ४१
३.६.३ साधारण प्रक्रियाको कार्यतालिका ४१
३.६.४ प्रक्रिया विवरण ४३
३.६.५ पल्प र कागज उद्योगमा उल्लेख्य ऊर्जा खपत हुने क्षेत्र तथा उपकरण ४४
३.६.६ ऊर्जा परिक्षणको लागि नमुना संकलन तथा मापन ४५
३.६.७ पल्प र कागज उद्योगमा सम्भावित ऊर्जा बचतका अवसरहरु ४५
३.७.१ नेपालमा स्टिल रि-रोलिङ मिल ४६
३.७.२ ऊर्जा उपयोग र नेपाली स्टिल रि-रोलिङ उद्योगमा हुने निश्चित ऊर्जाको खपत ४७
३.७.२.१ ऊर्जा उपयोग ४७
३.७.२.२ स्टिल रि-रोलिङ उद्योगमा हुने निश्चित ऊर्जा खपत ४७
३.७.३ साधारण प्रक्रियाको कार्यतालिका ४७
३.७.४ प्रक्रिया विवरण ४८
३.७.५ स्टिल रि-रोलिङ मिलमा उल्लेख्य ऊर्जा खपतन हुने क्षेत्र तथा उपकरण ५०
३.७.६ ऊर्जा परिक्षणको लागि नमुना संकलन तथा मापन ५०
३.७.७ स्टिल रि-रोलिङ मिलमा सम्भावित ऊर्जा बचतका उपायहरु ५१
३.८.१ नेपालमा चिनी मिलहरु ५२
३.८.२ ऊर्जा उपयोग र नेपाली चिनी उद्योगहरुमा हुने निश्चित ऊर्जाको खपत ५३

३.८.२.१ ऊर्जा उपयोग ५३
३.८.२.२ चिनी क्षेत्रमा हुने निश्चित ऊर्जाको खपत ५३
३.८.३ साधारण प्रक्रियाको कार्यतालिका ५३
३.८.४ प्रक्रिया विवरण ५५
३.८.५ चिनी उद्योगहरुमा उल्लेख्य ऊर्जा खपत हुने क्षेत्र तथा उपकरण ५८
३.८.६ ऊर्जा परिक्षणको लागि नमुना संकलन तथा मापन ५८
३.८.७ चिनी उद्योगमा सम्भावित ऊर्जा बचतका अवसरहरु ५९
३.८.८ चिनी उद्योगमा सहउत्पादनका फाइदाहरु ६०
परिच्छेद ४: औद्योगिक क्षेत्रमा ऊर्जा बचतका अवसरहरु ६२
४.१ विद्युत भार र माग व्यवस्थापन (Electrical load and demand management) ६२
४.२ पावर फ्याक्टर व्यवस्थापन ६३
४.३ विद्युतीय मोटरको कार्यक्षमतामा सुधारः ६४
४.४ बत्ती (Lighting) को कार्यक्षमतामा सुधार ६६
४.५ कम्प्रेस्ड हावा प्रणाली (Compressed Air System) मा हुन सक्ने अवसरहरु ६६
४.६ बोइलर र बाष्प (Boiler and Steam) प्रणालीमा अवसरहरु ६८
४.७ रेफ्रिजेरेसन र वातानुकुलन प्रणाली ६९
४.८ पंखा र हावा फ्याँक्ने औजार (Blower) मा अवसरहरु ७४
४.९ पम्प प्रणालीमा अवसरहरु ७५
४.१० प्रक्रिया र ताप पुनर्लाभमा अवसरहरु ७५
४.११ बोइलरमा FD र ID पंखाका फायदाहरु ७६
४.१२ फाइरिङ अनुकुलन र उत्तम संचालन अभ्यासहरु (इटा भट्टा) ७७
४.१३ इन्धन खपत न्यूनिकरण ८२
४.१४ पिसाई (Grinding)मा ऊर्जा व्यवस्थापन र प्रक्रिया नियन्त्रण (सिमेन्ट) ८५
४.१५ बल मिलहरुका लागि सुधारिएको पिसाईको माध्यमहरु ८५
४.१६ बल मिललाई ठाडो रोलर मिलद्वारा प्रतिस्थापन गर्ने ८५
४.१७ उच्च चापको रोलर प्रेस र प्रि-ग्राइन्डिङबाट बल मिल ८५
४.१८ ऊर्जा उत्पन्न गर्नको लागि Low Temperature Heat को पुनर्लाभ ८६
४.१९ ब्लेन्डेड सिमेन्ट (Blended Cement) ८६
४.२० भट्टीको आवरण (Shell) मा हुने ताप नोक्सानीको न्यूनिकरण (Improved Refractories) ८७

४.२१ वैकल्पिक इन्धनको प्रयोग ८८

४.२२ क्लिंकर बनाउने क्रममा ऊर्जा व्यवस्थापन र प्रक्रिया नियन्त्रण प्रणालीहरु ८८

४.२३ ताप पुनर्लाभ अनुकुलन/क्लिंकर कुलर अध्यावधिक गर्ने........ ८९

४.२४ फर्नेस दक्षता (Furnace Efficiency) ९४

परिच्छेद ५: ऊर्जा परिक्षण प्रतिवेदनको तयारी........ ९५

५.१ लागत लाभ विश्लेषण........ ९५

Annexes ९८

Annex 1: रुपान्तरण फ्याक्टरहरु (Conversion Factors)........ ९८

Annex 2: औद्योगिक क्षेत्रहरुको लागि ऊर्जा परिक्षण प्रतिवेदन ढाँचा........ ९९

Annex 3: ऊर्जा परिक्षणका लागि आवश्यक उपकरण (Equipment needed for Energy Audit) १०४

Annex 4: ऊर्जा परिक्षणको दौरानमा सुरक्षा सम्बन्धी बिचारहरु १०७

Annex 5: आधारभूत् तथ्यांक संकलन ढाँचा (Baseline Data Collection Format)........ १०९

Annex 6: प्रत्यक्ष र अप्रत्यक्ष विधिद्वारा बोइलर दक्षता गणना १११

Annex 7: प्रत्यक्ष र अप्रत्यक्ष विधिद्वारा फर्नेस दक्षता गणना........ १२२

Annex 8: सतहको ताप चुहावट गणना (Surface Heat Loss Calculation)........ १२७

Annex 9: कम्प्रेसर गणना (Compressor Calculation)........ १२८

Annex 10: HVAC गणना (HVAC Calculation) १२९

Annex 11: पम्प गणना (Pump Calculation) १३१

Annex 12: पंखा गणना (Fan Calculation)........ १३२

Annex 13: ताप चुहावट गणना पद्धति (इटा भट्टा)........ १३४

Annex 14: कुलिङ टावरको कार्यक्षमता (Cooling Tower Performance) १३५

Annex 15: टर्बाइनको कार्यक्षमता गणना (Performance Calculation of Turbine)........ १३६

Annex 16: ऊर्जा परिक्षण संचालनको लागि नमुना माइन्युट १३७

Annex 17: सन्दर्भ सूची........ १३८

तालिका सूची

Table 3.1: Specific Energy Consumption in Brick Kiln १४

Table 3.2: Energy conservation opportunities in brick kilns १६

Table 3.3: Specific Energy Consumption in Cement Industry १९

Table 3.4: Energy conservation opportunities in cement industries २४

Table 3.5: Specific Energy Consumption in Dairy २६

Table 3.6: Energy conservation opportunities in dairy industries ३०

Table 3.7: Specific Energy Consumption in Noodles Making Sector ३२

Table 3.8: Energy conservation opportunities in noodles making industries ३५

Table 3.9: Specific Energy Consumption in Non-Alcoholic Beverage ३७

Table 3.10: Energy conservation opportunites in non-alcoholic beverages ३९

Table 3.11: Specific Energy Consumption in Pulp and Paper ४१

Table 3.12: Energy conservation opportunity in pulp and paper industries ४६

Table 3.13: Specific Energy Consumption in Steel Re-Rolling Mills ४७

Table 3.14: Energy conservation opportunities in steel re-rolling mills ५१

Table 3.15: Specific Energy Consumption in Sugar Sector ५३

Table 3.16: Energy conservation opportunities in sugar industries ५९

Table 4.1: Electricity tariff (NEA) applicable to industrial sectors from Baishak to Mangsir 2074/75 .... ६२

Table 4.2: Electricity tariff (NEA) applicable to industrial sectors from Poush to Chaitra 2074/75 .... ६२

Table 4.5: Excess Air levels for different types of fuels ९०

आंकडा सूची

Figure 3.1: General process flow chart of brick kiln १५
Figure 3.2: General process flow chart of Limestone based cement plant २०
Figure 3.3: General process flow chart of clinker-based cement plant २१
Figure 3.4: General Milk Processing Flowchart २७
Figure 3.5: General process flow chart of Noodles Making ३३
Figure 3.6: General Flowchart Cola Product Production ३७
Figure 3.7: General process flow chart of Pulp and Paper ४२
Figure 3.8: General Process flowchart of steel re-rolling mill ४८
Figure 3.9: Sugar Production Process Flowchart ५५
Figure 3.10: Overview of Bagasse Cogeneration ६१
Figure 4.5: Existing Practices ७७
Figure 4.6: Recommended Practice ७७
Figure 4.7: Large Size Coal ७८
Figure 4.8: Recommended Smaller Size Coal ७८
Figure 4.9: Convectional large size spoon ७८
Figure 4.10: Recommended small size spoon ७८
Figure 4.11: Fuel feeding pattern ७९
Figure 4.12: Conventional Fixed Chimney ७९
Figure 4.13: Improved Fixed Chimney ७९
Figure 4.14: Air flow diagram in brick kiln ८०
Figure 4.15: Straight Line Brick Setting ८१
Figure 4.16: Zigzag Brick Setting (Chamber system) ८१
Figure 4.17: Straight Air flow & Zig Zag Air flow ८१
Figure 4.18: Jute Tripal ८१
Figure 4.19: Plastic sheet ८२
Figure 4.20: Conventional type wicket wall ८४
Figure 4.21: Recommended type wicket wall ८४
Figure 4.22: Heat loss from Tawa ८४
Figure 4.23: Furnace Efficiency Methods ९४

संक्षेपिकरण

%	Percent
A	Ampere
AC	Alternating Current/Air Conditioner
AEPC	Alternate Energy Promotion Center
APFC	Automatic Power Factor Control
APH	Air Pre Heater
APO	Asian Production Organization
AQC	Air Quenching Chamber
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineer
ASME	American Society for Mechanical Engineer
BEE	Bureau of Energy Efficiency
BEP	Break Even Point
BPT	Boiling Point Temperature
BTK	Bull’s Trench Kiln
$Ca(OH)_2$	Calcium Hydroxide
CBS	Central Bureau of Statistics
CEO	Chief Executive Officer
CFL	Compact Fluorescent Lamp
CHP	Combined Heat & Power
CIPEC	Canadian Industry Program for Energy Conservation
CM	Centimeter
CM^2	Square Centimeter
CO	Carbon Monoxide
CO_2	Carbon dioxide
COC	Cycle of Concentration
COP	Coefficient of Performance
DANIDA	Danish International Development Agency
DC	Direct Current
DDC	Dairy Development Community
DEVC	Double Effect Vapour Cell
DG	Diesel Generator
EA	Energy Audit
ECO	Energy Conservation Opportunity
EEC	Energy Efficiency Center
ENCON	Energy Conservation

EnMS	Energy Management System
EPA	Energy Performance Assessment
EPI	Energy Performance Indicator
ESCO	Energy Service Company
ESPS	Environment Sector Program Support
FAD	Free Air Delivery
FBTK	Fixed Chimney Bull’s Trench
FD	Forced Draft
FO	Furnace Oil
FRP	Fiberglass Reinforced Plastic
FTL	Fluorescent Tube Lamps
GCV	Goss Calorific Value
GDP	Gross Domestic Product
GHG	Green House Gas
GIZ	German International Corporation
GJ	Gigajoule
GoN	Government of Nepal
HF	High Frequency
HID	High Intensity Discharge
HP	High Pressure/Horse Power
HPMV	High Pressure Mercury Vapour Lamp
HPSV	High Pressure Sodium Vapor
Hr	Hour
HVAC	Heating Ventilation and Air Conditioner
ID	Induced Draft
IEE	Initial Environmental Examination
IEMP	Industrial Energy Management Project
IGEA	Investment Grade Energy Audit
IRR	Internal Rate of Return
ISO	International Organization for Standardization
k Cal	Kilo Calorie
Kg	Kilogram
kJ	Kilo Joules
KL	Kiloliter
KLPD	Kilo Liters Per Day
kV	Kilo Volt
KVA	Killo Volt Ampere

kWh	Kilowatt hour
LED	Light Emitting Diode
LOTO	Log Out Tag Out
M&E	Maintenance and Energy
M^2	Square Meter
M^3	Cubic Meter
MD	Metering Data
MG	Machine Glazed
MJ	Mega Joule
ML	Milliliter
mmWC	Water Column (Millimeter Gauge)
MoEWRI	Ministry of Energy, Water Resources and Irrigation
MOICS	Ministry of Industry, Commerce and Supplies
MPC	Milk Producer Cooperatives
MS	Mild Steel
MSG	Monosodium Glutamate
NEA	Nepal Electricity Authority
NEEAP	National Energy Efficiency Action Plan
NEEP	Nepal Energy Efficiency Program
NPR/NRs	Nepalese Rupees
NPV	Net Present Value
NS	Nepal Standard
O_2	Oxygen
^oC	Degree Celcuis
OEES	Office of Energy Efficiency Service
^oF	Degree Fahrenheit
OPC	Ordinary Portland Cement
PF	Power Factor
pH	Potential of Hydrogen
PHE	Plate Heat Exchanger
PPC	Pozzolana Portland Cement
PPE	Personal Protective Equipment
PPM	Parts Per Millions
PSC	Pozzolana Slag Cement
PV	Photovoltaic
PVC	Polyvinyl Chloride
RE	Renewable Energy

RO	Reverse Osmosis
RoI	Return of Interest
S. N./ S. No.	Serial number
SEC	Specific Energy Consumption
SEU	Specific Energy Use
SO_2	Sulphur Dioxide
SP	Suspension Preheater
SPM	Suspended Particulate Matter
TCD	Ton Crushing Per Day
TDS	Total Dissolved Solid
TMT	Thermo Mechanical Treatment
TPD	Tons Per Day
TR	Ton Refrigeration
TSS	Total Suspended Solid
UNESCAP	United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific
UNIDO	United Nations Industrial Development Organization
US	United State
VFD	Variable Frequency Drive
VRM	Vertical Roll Mill
VSBK	Vertical Shaft Brick Kiln
VSK	Vertical Shaft Kiln
W/P	Writing & Printing
WECS	Water and Energy Commission Secretariat
WHR	Waste Heat Recovery

परिच्छेद १: परिचय

१.१ पृष्ठभूमि

यस ऊर्जा परिक्षण निर्देशिकाको मुलभूत् उद्देश्य नेपालका औद्योगिक क्षेत्रहरुलाई मापदण्ड निर्धारण/ ऊर्जा परिक्षण/ मुल्यांकन प्रक्रियाको बारेमा ज्ञान दिने र औद्योगिक क्षेत्रहरुमा हुन सक्ने ऊर्जा बचतका अवसरहरुको पहिचान र कार्यान्वयन गर्ने प्रक्रियामा मार्गदर्शन गर्नु हो। यो निर्देशिका औद्योगिक क्षेत्रमा ऊर्जा दक्षताका उपकरण र प्रविधिका बारेमा उपयोगी जानकारी दिने समेत उद्देश्य राख्दछ।

साधारणतया औद्योगिक क्षेत्रको ऊर्जा परिक्षण निर्देशिकामा निम्न मुख्य विशेषताहरु समावेश हुन्छन्ः

- व्यवस्थित तरिकाबाट ऊर्जा उपयोग र कार्बन उत्सर्जन घटाउने उपायहरु;
- ऊर्जा उपयोगको मापदण्ड निर्धारण, मापन, प्रतिवेदन र राय सुझाव दिन मार्गनिर्देश गर्ने;
- बर्तमान ऊर्जा उपयोगको स्थितिको स्पष्ट चित्रण गर्ने जसको आधारमा नयाँ लक्ष्य साधन सकियोस्;
- नयाँ ऊर्जा-दक्ष प्रविधि र उपायहरुको कार्यान्वयनलाई प्राथमिकता दिन र त्यसको मुल्याङ्कन गर्ने;
- सबै आपूर्ति श्रृंखलाहरुमा ऊर्जा दक्षताको प्रवर्द्धनका लागि खाका प्रदान गर्ने;
- ऊर्जा खपत गर्ने उपकरणहरुको सदुपयोग गर्दै मर्मत-संभार खर्च घटाउने, संभावना पहिचान वा क्षमता बृद्धि गर्ने ;
- विद्यमान ऊर्जा दक्ष उपकरण र प्रविधिहरुको बारेमा उपयोगी जानकारी प्रदान गर्ने;
- ऊर्जा वचतका अवसरहरुको पहिचान र कार्यान्वयन गर्ने;
- आफ्ना उत्कृष्ट अभ्यासहरुलाई पालन गरी वातावरणको रक्षा गर्न सरोकारवालाहरुलाई कर्पोरेट प्रतिबद्धता देखाउने;
- विश्व बजारमा ग्रीन ट्रेडका अवरोधहरुलाई सामना गर्न सम्बन्धित नियामक आवश्यकताहरु पुरा गर्ने।

यो निर्देशिकाले उद्यमीहरुलाई ऊर्जा दक्षताका अवसरहरुको पहिचान गर्ने रणनीतिको विकास गर्न र विकल्पहरुको कार्यान्वयन गर्न कार्य योजनाहरुको विकास गर्न चरणबध्द रुपमा सल्लाह प्रदान गर्दछ। यो ऊर्जा परिक्षण निर्देशिका ऊर्जा दक्षताको प्रवर्द्धन गरिरहेका राष्ट्रियस्तरका संस्थाहरुले समेत आफ्ना कार्यालयहरुमा योजनाहरु, नीतिहरु, संस्थागत व्यवस्थापन तथा क्षमताहरु सुदृढ गर्ने उपायहरु सिफारिस गर्न प्रयोग गर्न सक्दछन्। यी निर्देशिकाले राष्ट्रिय ऊर्जा दक्षता संगठनका सम्बन्धित निर्णयकर्ताहरुलाई तय गर्नुपर्ने मार्गहरु, अनुशरण गर्नुपर्ने प्रक्रियाहरु र सम्बन्धित सरकारहरुले तय गरेका ऊर्जा दक्षताका लक्ष्यहरु प्राप्त गर्न विभिन्न सरोकारवालाहरुबीच श्रृजना गर्नुपर्ने तालमेलको लागि सल्लाह प्रदान गर्दछ। ऊर्जा दक्षताका लक्ष्यहरु प्राप्त गर्न अनुशरण गर्न सकिने एउटा विश्लेषणात्मक ढाँचा प्रस्तुत् गर्नु यो निर्देशिकाको आशय हो। यसले ऊर्जा दक्षताको प्रवर्द्धन एउटा चक्रीय प्रक्रिया हो भन्ने तथ्यमाथि प्रकाश पार्दछ। एउटा देश/संस्थाले जुनै तहको सफलता हाँसिल गरेको भएतापनि थप सुधारको अवसर सधैं

हुने गर्दछ किनकि ऊर्जा दक्षताका परम्परागत अवरोधहरु हटाईन्छन् र ऊर्जाको बढ्दो मागसंगै नविनतम प्रविधिहरु थपिन्छन्। विश्लेषणात्मक खाकाले दीगो ऊर्जा दक्षता कार्य योजनाको आधार बसाल्ने तीन स्तम्भहरु (मार्ग, साझेदार र प्रक्रिया) लाई परिभाषित गर्दछ। विषयसंग सम्बन्धित सरकारी अधिकारीहरुले ऊर्जा दक्षता प्रवर्द्धनको चक्रीय प्रक्रियामा आफ्नो वर्तमान स्थिति मुल्यांकनको लागि अन्तर विश्लेषण थाल्न सक्षम हुनेछन्।

१.२ औद्योगिक क्षेत्रहरुमा खपत हुने ऊर्जाका प्रकार

औद्योगिक क्षेत्रहरुले विद्युतीय र तापीय दुबै ऊर्जाको प्रयोग गर्दछन्। विद्युत सरकारी स्वामित्वको संस्था नेपाल विद्युत प्राधिकरणबाट आपूर्ति गरिन्छ भने मुख्य तापीय ऊर्जाको श्रोत भारत र तेस्रो मुलुकबाट आयात गरिन्छ। पेट्रोलियम पदार्थ नेपाल आयल निगमद्वारा आयात तथा वितरण गरिन्छ। नेपाल आयल निगम: उद्योग, बाणिज्य तथा आपूर्ति मन्त्रालय अन्तर्गत पर्दछ। मुख्यतया प्रयोग हुने तरल तापीय इन्धन डिजेल र भट्टीतेल हो जुन भारतबाट आयात गरिन्छ।

१.३ नेपालमा विगतका र विद्यमान ऊर्जा दक्षता सम्बन्धी गतिविधिहरु

नेपालमा ऊर्जा दक्षता सम्बन्धी अध्ययन वि. सं. २०४१/४२ देखि शुरु भएको भएतापनि सघन रुपमा यसको अध्ययन भने वि. सं. २०५५/५६ देखि वि. सं. २०६१/६२ मा मात्र भएको देखिन्छ। यस अवधिमा व्यावसायिक इकाईको ऊर्जा परिक्षण, ऊर्जा दक्षता सम्बन्धी तालिम र जनचेतना अभिबृद्धिका साथै उद्योगहरुमा ऊर्जा दक्षताका लागि ऋण व्यवस्थापन जस्ता कार्यहरु भएका थिए। तत् पश्चात, वि.सं.२०६५/६६ देखि वि.सं.२०६७/६८ सम्म नेपाल विद्युत प्राधिकरण अन्तर्गत विद्युतको माग व्यवस्थापन, ऊर्जा परिक्षण, विद्युत भार सम्बन्धी विवरणको अध्ययन, ऊर्जा दक्षताको प्रवर्द्धनका लागि नीतिगत सुझावको साथै परम्परागत बत्तीहरुलाई ऊर्जा दक्ष बत्तीद्वारा प्रतिस्थापन गर्ने जस्ता केही प्रभावकारी कार्यहरु गरिएका थिए।

१.४ नेपालमा ऊर्जा दक्षता सम्बन्धी नीति तथा कानूनहरु

नेपालको संविधान, २०७२ को धारा ५१ (छ) ३ मा "नविकरणीय ऊर्जाको उत्पादन र विकास गर्दै नागरिकका आधारभूत् आवश्यकता परिपूर्तिका लागि सुपथ तथा भरपर्दो ऊर्जाको आपूर्ति सुनिश्चित गर्ने तथा ऊर्जाको समुचित प्रयोग गर्ने" भनी उल्लेख गरिएको छ।ऊर्जा दक्षतासंग सम्बन्धित अन्य नीति तथा कानूननहरु निम्न बमोजिमका रहेका छन्।

१.४.१ औद्योगिक व्यवसाय ऐन, २०७६

यस ऐनको परिच्छेद ५, दफा २४ "थ" मा "उर्जा दक्षता अभिवृद्धि गरी उर्जा खपत घटाउन सघाउ पुर्याउने यन्त्र वा उपकरणमा लगानी गरेको सम्पूर्ण खर्च आयकर प्रयोजनको लागि कट्टा गर्न पाउने छ "भनी उल्लेख गरिएको छ । साथै सोही ऐनको दफा २९ "ख" अनुसार उद्योगले आफ्नो प्रयोजनको लागि उत्पादन गरेको विद्युतमा प्रचलित कानून बमोजिम लाग्ने दस्तुर वा रोयल्टी नलाग्ने र दफा २९ "ग" अनुसार उद्योगले आफ्नो प्रयोजनको लागि उत्पादन गरेको विद्युत बढी भई बिक्री गर्न चाहेमा बिक्री

गरिने विद्युतको परिमाणमा आपसी सहमतिबाट कायम भएको दरमा प्रचलित कानून बमोजिम बिक्री गर्न सकिने व्यवस्था रहेको छ।

१.४.२ औद्योगिक नीति, २०६७

औद्योगिक नीति, २०६७ को उद्देश्य ७.३ मा "नविनतम् प्रविधि एवं वातावरणमैत्री उत्पादन प्रक्रियालाई प्रयोग गरी उद्योग व्यवसायलाई दिगो एवं भरपर्दो क्षेत्रको रुपमा स्थापित गर्ने" उल्लेख भएको छ। उक्त उद्देश्य प्राप्तिको लागि आफ्नै लागतमा वातावरण-मैत्री र ऊर्जा बचत प्रविधि प्रयोग गर्ने उद्योगहरुलाई प्राविधिक तथा आर्थिक सहायता उपलब्ध गराइने र हरित उद्योगको प्रवर्द्धन तथा स्थापित उद्योगलाई प्रदूषणमुक्त र शून्य कार्बनयुक्त तुल्याउन विशेष उपाय अबलम्बन गरिने नीति रहेको छ। औद्योगिक अनुसन्धान तथा विकास, वातावरण संरक्षण र स्वच्छ उत्पादन प्रविधि तथा प्रक्रियामा सघाउ पुर्याउन सहुलियत तथा सुविधाको व्यवस्था गरिने रणनीति रहेको छ। यस नीतिको बुँदा १७.११ अनुसार कुनै उद्योगले ऊर्जा खपत घटाउन सघाउ पुर्याउने यन्त्र उपकरणमा लगानी गरेको खर्च, प्रदूषण नियन्त्रण र वातावरणमा कम असर पार्ने पद्धतिको जडानमा भएको पूँजीगत खर्च, प्रविधि र प्रक्रियामा भएको खर्च आयकर प्रयोजनको लागि खर्च कट्टा गर्न पाइने सुविधा र सहुलियत प्रदान गरिने व्यहोरा समेत उल्लेख रहेको छ। सोही नीतिको बुँदा १७.३२ अनुसार उद्योगले आफ्नै प्रयोजनको लागि उत्पादन गरेको विद्युतमा रोयल्टी लाग्ने छैन। साथै उद्योगले विद्युत शक्ति विक्री गर्न चाहेमा बजारमा प्रचलित दरमा राष्ट्रिय ग्रिडमा जोड्न दिने व्यवस्था गरिनेछ।

१.४.३ राष्ट्रिय ऊर्जा दक्षता रणनीति, २०७५

नेपाल सरकार ऊर्जा, जलश्रोत तथा सिंचाइ मन्त्रालयले राष्ट्रिय ऊर्जा दक्षता रणनीति, २०७५ तयार गरेको छ। यस रणनीतिले सन् २००० देखि सन् २०१५ सम्म प्रति वर्ष ०.८४% रहेको औषत ऊर्जा दक्षतामा सुधारको दरलाई सन् २०३० सम्म दोब्बर गरी प्रति वर्ष १.६८% पुर्याउने लक्ष्य राखेको छ। ऊर्जाको दक्ष प्रयोगले ऊर्जा अभाव घटाउने, ऊर्जाको सहज पहुँच र ऊर्जा सुरक्षामा सहयोग पुर्याउने, वातावरणीय सन्तुलन र स्वास्थ्यमा सकरात्मक सुधार गर्ने उद्देश्य रहेको छ।

सो रणनीतिमा उक्त उद्देश्य हासिल गर्नको निम्ति निम्न बनोजिमका रणनीति उल्लेख रहेको छः

- नीति निर्माणदेखि उपभोक्ताहरुको स्तरसम्म ऊर्जा दक्षता सम्बन्धी चेतना जगाउने।
- ऊर्जा दक्षताका लागि आवश्यक श्रोत व्यवस्थापन, श्रोत परिचालन, पूर्वाधार विकास र मानव श्रोत विकासका लागि नीतिगत, कानूनी र संस्थागत खाका स्थापना गर्ने।
- ऊर्जा दक्षताका लागि स्थापित अन्तर्राष्ट्रिय र क्षेत्रीय मापदण्डमा आधारित राष्ट्रिय मापदण्डको विकास गर्नुका साथै ऊर्जा दक्षता मापनका लागि उपकरण र साधनहरुको विकास गर्ने।
- सामान तथा सेवाहरुको उत्पादनका लागि आवश्यक ऊर्जाको खपत न्यूनिकरणद्वारा सेवा तथा उत्पादनहरु लागत-प्रभावी र प्रतिस्पर्धी बनाउने।
- ऊर्जा बचत गरेर ऊर्जा आयात घटाउने।

१.४.४ जैविक ऊर्जा रणनीति, २०७३

यस रणनीतिले परम्परागत तरिकाले प्रयोग हुँदै आएको जैविक ऊर्जालाई आधुनिक, दिगो तथा स्वच्छ ऊर्जाको रुपमा विकास गरी यसको पहुँच वृद्धि गर्ने तथा वातावरण संरक्षणमा योगदान पुर्याउने लक्ष्य लिएको छ। जैविक ऊर्जाको उत्पादन र प्रयोगमा दक्षता र प्रभावकारी अभिवृद्धि गर्ने रणनीतिको लागि निम्न बमोजिमका कार्यनीति उल्लेख गरिएको छ।

- जैविक ऊर्जाका आधुनिक र किफायती प्रविधिहरु (वायोग्यास, सुधारिएको चुलो, ग्यासिफायर, ब्रिकेट, पेलेट, औद्योगिक बोइलर, कोजेनेरसन, फोहरबाट ऊर्जा आदि) को अध्ययन अनुसन्धान गरी सम्भाव्यता पहिचान, लक्ष्य, (धुँवा धुलो उत्सर्जन लगायतको) स्तर तथा मापदण्ड निर्धारण, गुणस्तर नियन्त्रण, सुधार तथा प्रविधि विकास गर्न प्राविधिक तथा आर्थिक सहायता उपलब्ध गराउने।
- जैविक ऊर्जाको प्रभावकारी एवं दक्ष उपयोग तथा आधुनिक र किफायती प्रविधिहरुका विस्तारका लागि स्थानीय सरोकारवालाहरुको समेत सहभागितामा जनचेतना एवं प्रर्वद्धनात्मक कार्यक्रमहरु संचालन गर्ने।
- जैविक ऊर्जाको व्यवसायीकरणका लागि उपयुक्त प्रणाली र बजारको विकास गर्ने तथा उत्पादित जैविक ऊर्जाको बिक्री वितरण र लाभको सुनिश्चितता प्रदान गर्ने।

परिच्छेद २: ऊर्जा परिक्षण तथा ऊर्जा परिक्षण पद्धति

२.१ ऊर्जा परिक्षण

सर्वेक्षण र विश्लेषणद्वारा कुनैपनि ऊर्जा प्रयोग गर्ने इकाईमा ऊर्जा बचतको लागि ऊर्जाको खपतको व्यवस्थित पहिचान गर्नु नै ऊर्जा परिक्षण हो। यसले ती इकाईहरुलाई ऊर्जा उपयोग बारे बुझ्न, बढी ऊर्जा खपत हुने क्षेत्र थाहा पाउन र उत्पादनको साथै उत्पादनको गुणस्तरमा नकारात्मक असर नपुऱ्याई अधिक ऊर्जा खपत/प्रयोग न्यूनिकरण गर्ने अवसरहरु पहिचान गर्न मद्दत गर्दछ। अर्को शब्दमा भन्नु पर्दा ऊर्जा परिक्षणले सम्भावित ऊर्जा बचतका अवसरहरु पहिचान गर्न मद्दत गर्दछ।

ऊर्जा परिक्षण एउटा यस्तो महत्वपूर्ण औजार वा बिधि हो जसले ऊर्जा दक्षताका सम्भावित उपायहरु पत्ता लगाउने र तिनको आर्थिक सम्भाव्यताको मूल्यांकन गर्न सहयोग गर्दछ जुन विभिन्न तहहरुमा गर्न सकिन्छ। ऊर्जा परिक्षणले ऊर्जा व्यवस्थापनका अवसरहरुको कार्यान्वयन पछिको प्रभावकारिता समेत प्रमाणित गर्न सक्दछ।

ऊर्जा परिक्षण ऊर्जा व्यवस्थापन प्रणालीको लागि गरिनु पर्ने प्रमुख कार्य हो र यसलाई व्यवस्थापन प्रणालीले एउटा मूख्य खुड्किलोको रुपमा लिने गर्दछ। यसलाई ऊर्जा व्यवस्थापन प्रणालीसंग संयोजन गरेर वा स्वतन्त्र रुपमा पनि प्रयोग गर्न सकिन्छ। ऊर्जा परिक्षणलाई विभिन्न संस्थाहरुले बिभिन्न तरिकाले परिभाषित गरेका छन्।

- ISO 50002:2014 को अनुसारः ISO ले ऊर्जा दक्षता सम्पादन गरिएको वस्तुहरुको पहिचान पत्ता लगाउन, परिमाण तोक्न र सुधार हुन सक्ने ऊर्जा कार्यदक्षता अवसरहरुको बारेमा सुझाव दिनको लागि ऊर्जा प्रयोग र ऊर्जा खपतका सम्बन्धमा गरिने क्रमबद्ध विश्लेषण गर्ने कार्यलाई ऊर्जा परिक्षण भनी परिभाषित गरेको छ (ISO 2014)।
- राष्ट्रिय ऊर्जा दक्षता रणनीति,२०७५ को अनुसार ऊर्जा खपतसंग सम्बन्धित उपयुक्त साधन, प्रविधि वा उपकरणहरुको प्रयोगले ऊर्जाको दक्ष खपत दक्ष तरिकाले गर्नु नै ऊर्जा दक्षता हो।प्रति वस्तु वा सेवा उत्पादन गर्नको निम्ति चाहिने ऊर्जाद्वारा ऊर्जा दक्षताको अवस्था मापन गर्न सकिन्छ। विभिन्न विधि, प्रविधि वा उपकरणहरुको उपयोगले प्रति वस्तु वा सेवा उत्पादन गर्दा आवश्यक ऊर्जाको मात्रा घटाउनु नै ऊर्जा दक्षतामा वृद्धि हुनु हो। ऊर्जा गहनताको घट्दो दरको मापन नै राष्ट्रिय ऊर्जा दक्षताको औषत अवस्था हो, प्रति राष्ट्रिय कुल ग्राहस्थ उत्पादन उत्पादन गर्न आवश्यक पर्ने घट्दो ऊर्जाको खपत भन्ने जनाउँदछ।

ऊर्जा परिक्षणलाई थप प्रभावकारी बनाउन यस बारे राम्रो ज्ञान भएका विज्ञहरुको सुपरिवेक्षण अन्तर्गत ऊर्जा परिक्षण संचालन गरिनु आवश्यक हुन्छ।

२.२ ऊर्जा परिक्षणको आवश्यकता

विभिन्न अध्ययनहरुले देखाए अनुसार कुनैपनि औद्योगिक क्षेत्र संचालनको लागि ऊर्जा, श्रम र सामाग्रीहरु मुख्य लागत हुन्। ऊर्जाको मूल्य निरन्तर बढेसंगै लागत न्यूनिकरणको लागि ऊर्जा परिक्षण सबैभन्दा बढी संभावना भएको क्षेत्र पनि हुन पुगेको छ। यस्तो परिक्षणले ऊर्जा लागतको विविधता, ऊर्जा

आपूर्तिको उपलब्धता र विश्वसनीयता, उचित ऊर्जा मिश्रणको निर्णय, ऊर्जा बचत प्रविधिहरुको पहिचान, ऊर्जा बचत उपकरणहरुको पुनर्बलीकरण आदिको समिक्षा गर्ने गर्दछ। साधारणतया निश्चित समयसिमाभित्र प्राविधिक रुपमा विकसित समाधानहरुसंगै आर्थिक र अन्य संस्थागत संरक्षित अवधारणाहरुलाई वास्तविकतामा रुपान्तरण गर्नु नै ऊर्जा परिक्षण हो।

विशेषतः नेपाल जस्तो विकासशील अर्थतन्त्रमा आर्थिक र वातावरणीय दिगोपना प्राप्त गर्न ऊर्जा दक्षता र बचतमा सुधार गर्नु आवश्यक छ। ऊर्जा खपत गर्ने उद्योगहरु ऊर्जा-दक्षता सुधारका सम्भावनाहरुप्रति सदैव सचेत छैनन्। ऊर्जा बचत प्राप्तिको लागि व्यवस्थित दृष्टिकोणमा पुग्न केही नियम र सिद्धान्तहरुको अनुशरण गर्नु आवश्यक छ। यी संभावनाहरुको पहिचान गर्नको लागि ऊर्जा परिक्षण गर्नु एक प्राथमिक आवश्यकता हो। ऊर्जा दक्षताको उपयोगको बारेमा सचेत भए तापनि सबै औद्योगिक इकाईहरु आर्थिक तथा प्राविधिक रुपमा ऊर्जा परिक्षण प्रक्रियाको भारबहन (capable) गर्न सक्षम छैनन्, त्यसकारण ऊर्जा दक्षता बृद्धि गर्नको लागि ऊर्जा उपयोग न्यूनिकरणका प्रभावकारी तरिकाहरुका सम्बन्धमा ती क्षेत्रहरुलाई सहायता गर्न एउटा निर्देशिका आवश्यक हुन्छ।

राष्ट्रिय ऊर्जा दक्षता रणनीति, २०७५ को खण्ड ९.३ मा स्थापित अन्तराष्ट्रिय र क्षेत्रीय मापदण्डहरुका आधारमा ऊर्जा दक्षताका लागि राष्ट्रिय मापदण्डको विकासका साथै ऊर्जा दक्षता मापनका लागि उपकरण र साधनहरुको विकासको बारेमा उल्लेख गरिएको छ। यस निर्देशिकाले राष्ट्रिय ऊर्जा दक्षता रणनीति, २०७५ मा परिकल्पना गरिए अनुसार ऊर्जा परिक्षण संचालनको लागि एउटा औजारको रुपमा पनि काम गर्न सक्दछ। यी सबै प्रसंगहरुलाई मनन गर्दै सचिवालयले औद्योगिक क्षेत्रका लागि ऊर्जा परिक्षण निर्देशिका तयार गरेको हो। यस निर्देशिकाले विभिन्न औद्योगिक क्षेत्रहरुलाई तिनका गतिविधिहरुमा ऊर्जा दक्षता विधिहरु अपनाएर ऊर्जा माग न्यून गर्न सहयोग गर्नेछ।

२.३ ऊर्जा परिक्षणका प्रकारहरु

उद्योगको किसिम, आकार, प्रयोग गरिने प्रविधि, ऊर्जा परिक्षणको आवश्यकताको गहिराई आदि अनुसार ऊर्जा परिक्षण फरक पर्न सक्दछ। यो इच्छित लागत न्यूनिकरणका साथै ऊर्जा बचतको आवश्यक सम्भावना तथा परिमाणमा पनि फरक पर्दछ। यी मापदण्डहरुका आधारमा ऊर्जा परिक्षणलाई दुई किसिममा बिभाजन गर्न सकिन्छः प्रारम्भिक परिक्षण (walk-through परिक्षण) र विस्तृत (diagnostic) परिक्षण।

क) प्रारम्भिक परिक्षण

यस किसिमको परिक्षणमा ऊर्जा उपयोग र खपत गर्ने उपकरणहरुको कार्यसम्पादन (performance) को सम्बन्धमा सामान्य विश्लेषण गरिन्छ। यसमा प्रायशः तयारी अवस्थामा उपलब्ध तथ्यांकहरुको प्रयोग गरिन्छ र धेरै मात्रामा तथ्यांक संकलन र मापन गरिदैन। यो साधारण किसिमको हुनाले यसले धेरै कम समय लिन्छ। तसर्थ यस किसिमको ऊर्जा परिक्षणबाट सामान्य नतिजाहरु र साधारण पहिचान गरिएका ऊर्जा दक्षताका अवसरहरु प्राप्त हुन्छन्। यस प्रकारको परिक्षणमा भुक्तानी अवधि सामान्य

विधिको गणनासंगै प्राप्त गरिएको ऊर्जा बचतसंग तुलना गरेर गरिन्छ। यस प्रकारको परिक्षणलाई वाक थ्रु परिक्षण (walk through audit) पनि भनिन्छ।

ख) विस्तृत परिक्षण

यो विस्तारमा गरिने ऊर्जा परिक्षण हो। विस्तृत परिक्षणको लागि विभिन्न ऊर्जा खपत गर्ने उपकरणहरु (utilities) (पम्प, पंखा, इन्डक्सन मोटर, कम्प्रेसर, HVAC, फर्नेस, बोइलर प्रणाली आदि) को विस्तृत तथ्यांक संकलन र यिनको ऊर्जा खपत मापनहरु आवश्यक हुन्छ। विस्तृत प्रकृतिको भएकोले यो परिक्षण गर्न प्रारम्भिक परिक्षणको भन्दा बढी समय लाग्दछ। त्यसकारण प्राप्त नतिजाहरु विशिष्ट भएकोले यस परिक्षणले ऊर्जा उपयोग, उपकरणहरुको कार्यसम्पादनको वास्तविक तस्वीर र ऊर्जा दक्षता अवसरहरुमा थप विशिष्ट सिफारिसहरु पत्ता लगाउन मद्दत गर्दछ। यसबाट प्राप्त ऊर्जा बचतका अवसरहरुका सम्बन्धमा कुनै संस्थाका सम्बन्धित अधिकारीहरुसंग छलफल गरिन्छ र त्यसपछि ऊर्जा बचतको दिगोपनाको लागि सिफारिस गरिन्छ। यसका साथै ऊर्जा बचत अवसरहरुको पहिचान गर्दा विक्रेताहरु र ऊर्जा दक्ष उपकरण आपूर्तिकर्ताहरुसंग पनि परामर्श गरिन्छ। यसमा लागत बढी लाग्ने अवसरहरुसंगै लागत लाभ विश्लेषण (cost benefit analysis) को विस्तृत आर्थिक विश्लेषण समावेश हुन्छ। यस प्रकारको परिक्षणलाई डाइग्नोस्टिक परिक्षण (diagnostic audit) पनि भनिन्छ।

यस बाहेक विस्तृत ऊर्जा परिक्षणमा परिक्षण पश्चातका चरणहरु पनि समावेश हुन्छन्। परिक्षण पश्चात ऊर्जा परिक्षकले सिफारिस गरिएको ऊर्जा बचत विधिहरुको कार्यान्वयनमा सहयोग गर्दछ र कार्यसम्पादनको निरिक्षण गर्दछ। ऊर्जा परिक्षणले सो संस्थालाई सिफारिस गरिएको कार्य योजना कार्यान्वयनमा व्यवधानहरुको पहिचान गर्न र कुनै भएमा हटाउन पनि मद्दत गर्दछ। यस बाहेक ऊर्जा परिक्षणले अनुगमन र आवधिक समिक्षाद्वारा उक्त संस्थाको ऊर्जा बचत प्राप्तिको सुनिश्चितता पनि गर्दछ।

२.४ ऊर्जा परिक्षण पद्धति

ऊर्जा परिक्षण पद्धतिले सबै मुख्य ऊर्जा उपयोग गर्ने प्रणालीहरुको मुल्याङ्कन गर्ने हुनाले व्यवसायको लागि विस्तृत ऊर्जा बचत कार्यान्वयन सम्बन्धमा योजना प्रदान गर्दछ। यस प्रकारको पद्धतिले ऊर्जा बचत र लागतको सबैभन्दा सही अनुमान प्रस्ताव गर्दछ।यसले सबै परियोजनाहरुको अन्तरक्रियात्मक असरहरुलाई बिचार गर्दै सबै ऊर्जा उपयोग गर्ने मुख्य उपकरणहरुको हिसाब राख्दछ र यस पद्धतिमा विस्तृत ऊर्जा लागत बचत गणना र परियोजना लागत समावेश हुन्छ।यो पद्धति ऊर्जा उपयोग गर्ने प्रणालीको सूचिकरण, विद्यमान संचालन स्थितिको अनुमान र ऊर्जा उपयोगको गणनामा आधारित हुन्छ। तत् पश्चात यस पद्धतिद्वारा ऊर्जाको अनुमानित प्रयोगलाई ऊर्जा उपभोग शुल्कसंग तुलना गरिन्छ।

२.४.१ प्रारम्भिक ऊर्जा परिक्षण पद्धति

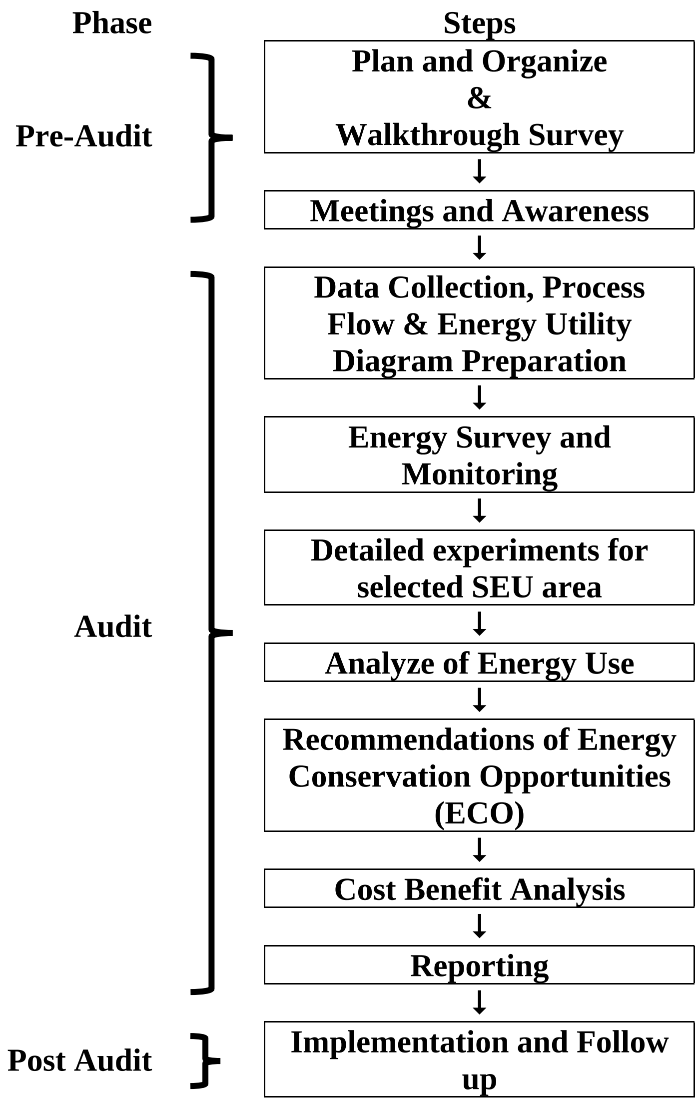
यस पद्धति अन्तर्गत वाक थ्रु परिक्षण (walkthrough audit) गरिन्छः

- संस्थामा ऊर्जा खपत भएको तथ्याङ्क स्थापित गर्ने;
- बचतको अवसर अनुमान गर्ने;

- ध्यान दिनको लागि सबैभन्दा सम्भावित र सजिला क्षेत्रहरु पहिचान गर्ने;
- तत्कालको लागि (विशेष रुपमा शून्य/कम लागत) सुधार/बचतहरु पहिचान गर्ने;
- कुनै एक "सन्दर्भ बिन्दु" (reference point) तय गर्ने;
- थप विस्तृत अध्ययन/मापनको क्षेत्रहरु पहिचान गर्ने;
- यस पद्दतिमा विद्यमान वा सजिलै पाइने तथ्यांकहरु प्रयोग गर्ने।

२.४.२ विस्तृत ऊर्जा परिक्षण पद्दति

यस पद्दति अन्तर्गत ऊर्जा परिक्षण तीन चरणहरुमा सलन गरिन्छः I, II र III चरणहरु र ऊर्जा परिक्षण तालिका (flow chart) का दश चरणहरु तल दिइएका छन्ः



चरण I: पूर्व-परिक्षण (pre audit) चरण

पूर्व-परिक्षण चरणमा ऊर्जा परिक्षकले संरचनात्मक र व्यवस्थित तरिकाले परिक्षण संचालनको लागि प्रारम्भिक योजना शुरु गर्दछ। परिक्षणको लागि प्रक्रियाहरुको योजना सबैभन्दा महत्वपूर्ण हुने हुनाले

कार्यस्थलको प्रारम्भिक अध्ययन सधैं गरिनु पर्दछ। ऊर्जा परिक्षकलाई संस्थाको विस्तृत विवरण प्राप्त हुने र आवश्यक कार्यहरु व्यवस्थित रुपमा संचालन गर्न योजना बनाउन मद्दत गर्ने हुनाले विस्तृत परिक्षण गर्नु अघि एउटा प्रारम्भिक कार्यस्थल भ्रमण गर्नु आवश्यक हुन्छ। यसो गर्नाले ऊर्जा परिक्षकलाई उक्त संस्था, यसका सम्बन्धित अधिकारीहरु र कार्यक्षेत्र आफैसंग परिचित हुन मद्दत गर्दछ।

कार्यक्षेत्र भ्रमणको क्रममा ऊर्जा परिक्षकले निम्न कार्यहरु गर्नु पर्दछः

- वरिष्ठ व्यवस्थापनसंग ऊर्जा परिक्षणका उद्देश्य र एजेन्डा छलफल गर्ने;
- इन्जिनियरिंग/उत्पादन विभागका अधिकारीहरुबाट भवनको नक्सा, बाष्प वितरण, कम्प्रेस्ड हावा वितरण, विद्युत वितरण आदिको नक्सा प्राप्त गर्ने;
- सम्बन्धित कर्मचारीहरुसंग मुख्य ऊर्जा खपत तथ्यांकहरु विश्लेषण गर्ने ।

ऊर्जा परिक्षकले कार्यस्थल भ्रमण गर्ने समयमा निम्न लक्ष्यहरुमा केन्द्रित हुनु पर्दछः

- उक्त संस्थाको ऊर्जा परिक्षण टोली तय गर्ने;
- परिक्षणको समयमा सर्भेक्षण गर्नुपर्ने क्षेत्र/कारखाना/वस्तुहरुको निश्चित ऊर्जा उपयोग (SEC) पत्ता लगाउने;
- आवश्यक कुनै विद्यमान औजारहरु/अतिरिक्त मापन पहिचान गर्ने;
- परिक्षण पूर्व कुनै मापन औजार/उपकरणहरु जडान गर्नुपर्ने भए निक्यौंल गर्ने;
- परिक्षण संचालनको लागि आवश्यक औजारहरु पहिचान गर्ने;
- कारखानाका ऊर्जाका श्रोतहरु र मुख्य ऊर्जा खपत हुने क्षेत्रहरुमा बृहद तथ्यांक संकलन गर्ने;
- भेटघाटहरुद्वारा संस्थाका प्राविधिक टोलीहरुमा चेतना जगाउने।

चरण II: विस्तृत ऊर्जा परिक्षण

यस चरणमा पूर्व-परिक्षण चरणको योजनामा आधारित रहेर विस्तृत ऊर्जा परिक्षण संचालन गरिन्छ। यस चरणमा निश्चित उद्योगहरु वा प्रक्रिया उपकरण (process equipment) का ऊर्जा/सामाग्री सन्तुलन स्थापित र अनुसन्धान गर्नको लागि ऊर्जा सर्भेक्षण र अनुगमन गरिन्छ। छनौट गरिएका अधिक ऊर्जा खपत गर्ने उपकरणहरुको लागि विस्तृत परिक्षण/प्रयोगहरु गरिन्छ। कहिलेकाहीं कुनै पनि भागहरु नछुटुन् भनेर लामो समयसम्म राती, सप्ताहन्त र दिनमा काम हुने समयमा औद्योगिक क्षेत्रमा प्रयोग हुने उपकरण परिचालनको जाँच गरिन्छ। यस चरणको लागि आवश्यक समय कार्यस्थल/संस्थाको प्रकृति र जटिलतामा निर्भर गर्दछ।

विस्तृत परिक्षणको क्रममा संकलन गरिने जानकारीः

- ऊर्जाको प्रकार, विभाग, प्रक्रिया औजार (process equipment) को मुख्य पार्टपुर्जाहरु, अन्तिम प्रयोग अनुसार ऊर्जा खपत;
- ऊर्जा लागत र महशुल तथ्यांक;
- प्रक्रिया र सामाग्री प्रवाह चित्र;

- कार्यस्थलका सेवाहरु (जस्तैः कम्प्रेस्ड हावा, बाष्प आदि) को उत्पादन तथा वितरण;
- ऊर्जा आपूर्ति (ग्रिडबाट लिइएको विद्युत वा स्व-उत्पादन) को श्रोतहरु;
- इन्धन प्रतिस्थापनको लागि सम्भावना, प्रक्रिया परिमार्जन र सह-उत्पादन प्रणालीको प्रयोग (संयुक्त ताप तथा विजुली उत्पादन);
- ऊर्जा व्यवस्थापन कार्यविधि र संस्थाभित्रै ऊर्जा सचेतना तालिम कार्यक्रमहरु।

विद्यमान आधाररेखाका बारेमा जानकारी महत्वपूर्ण हुन्छ। त्यसैले विद्यमान प्रतिवेदनसंगै ऊर्जा खपत ढाँचा, उत्पादन लागत र प्रति कच्चा पदार्थ निवेश अनुसार उत्पादनको उत्पादकत्व स्तर जस्ता तथ्याङ्क संकलन गरिनु पर्छ।

परिक्षण टोलीले निम्न आधारभूत तथ्यांक संकलन गर्नु पर्दछः

- क्षमता उपयोग;
- निवेशित सामाग्रीको परिमाण र प्रकार;
- पानीको खपत;
- इन्धन खपत;
- विद्युतीय ऊर्जा खपत;
- बाष्प खपत;
- कम्प्रेस्ड हावा, चिस्याउने पानी आदि जस्ता अन्य लागतहरु;
- उत्पादित फोहोरहरुको परिमाण र प्रकार;
- अस्वीकृतिको प्रतिशत/पूनःप्रक्रिया;
- दक्षताहरु।

उद्योग/कार्यक्षेत्रबाट संकलित सबै तथ्याङ्क/जानकारीको आधारमा ऊर्जा उपयोगको विश्लेषण गरिन्छ र ऊर्जा बचतका अवसरहरु (ECO) को पहिचान र विकास गरिन्छ। उच्च लागत अवसरहरुको लागत लाभ विश्लेषण गणना गरिन्छ।

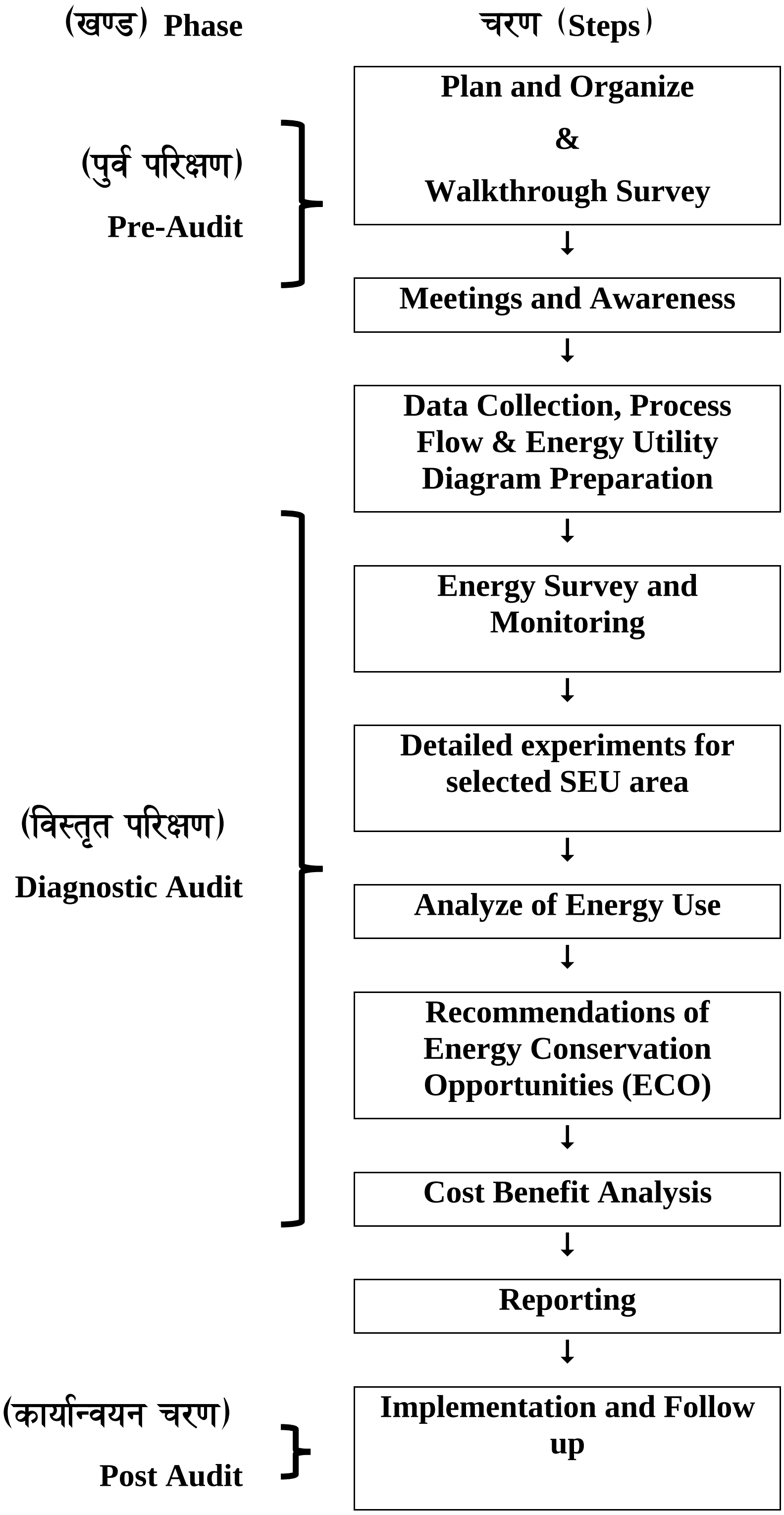
यी सबै चरणहरु पश्चात ऊर्जा प्रतिवेदन तयार हुन्छ। यस ऊर्जा प्रतिवेदनमा प्रमुख विभाग वा मुख्य प्रक्रियारत कार्य (processing function) हरुमा ऊर्जा लागत र उत्पादन परिमाणको वर्णन (description) समावेश हुन्छ। ऊर्जा दक्षताहरु सुधार गर्ने साधनहरुको सूची बनाइन्छ। ऊर्जा अवसर/सुधारहरुको मूल्यको साथै आवश्यक पूँजी लगानीमा अपेक्षित भुक्तानीको प्रारम्भिक विश्लेषण गरिन्छ। यस प्रतिवेदनमा विशिष्ट सिफारिसहरु पनि समावेश हुन्छन्, जसको लागि उच्च लगानी आवश्यक पर्ने संरक्षण विधिहरु (conservative measures) को कार्यान्वयन न्यायोचित ठहर्याउन विस्तृत इन्जिनियरिङ्ग अध्ययन तथा संभाव्यता विश्लेषण गरिनु अत्यावश्यक हुन्छ।

चरण III: ऊर्जा परिक्षण पश्चातको कार्यान्वयन चरण (post audit)

ऊर्जा परिक्षणलाई दिगोपना प्रदान गर्नको लागि यो चरण आवश्यक छ। यस चरणले ऊर्जा परिक्षणबाट सिफारिस गरिएको ऊर्जा बचत विधिहरुको कार्यान्वयनमा सहायता गर्न र कार्यसम्पादनको अनुगमन

गर्न, उद्योगलाई सिफारिस गरिएका कार्ययोजनाहरु कार्यान्वयन गर्न व्यवधानहरुको पहिचान गर्न र केही व्यवधान भएमा त्यसलाई हटाउन मद्दत गर्दछ। ऊर्जा परिक्षणले अनुगमन र आवधिक समिक्षाद्वारा उद्योगलाई ऊर्जा बचत प्राप्तिको सुनिश्चितता पनि प्रदान गर्दछ।

विस्तृत ऊर्जा परिक्षण फ्लो चार्टः



२.५ निश्चित ऊर्जा खपत गणना

खपत ऊर्जा र उत्पादित सामाग्री वा सेवाको परिमाणको अनुपातलाई निश्चित ऊर्जा खपत भनिन्छ। यो ऊर्जा कार्यसम्पादनका सूचकहरु मध्ये एक हो र यसले उद्योगहरुको ऊर्जा दक्षता झल्काउँछ। सामाग्री वा सेवा उत्पादनको लागि ऊर्जा उपयोगको अनुपात निकालेर SEC को गणना गरिन्छः

SEC=Energy used/Product or Service amount

परिच्छेद ३: औद्योगिक क्षेत्रको लागि ऊर्जा परिक्षण निर्देशिका

यस निर्देशिकामा कुल आठ सबैभन्दा धेरै ऊर्जा गहन (energy intensive) औद्योगिक क्षेत्रहरु समावेश छन्। यी आठ औद्योगिक क्षेत्रहरु इटा भट्टा, सिमेन्ट, डेरी, चाउचाउ उत्पादन, अल्कोहलमुक्त पेयपदार्थ, पल्प र कागज, स्टिल रि-रोलिङ र चिनी उद्योगहरु हुन्।

३.१ इटा भट्टा

३.१.१ नेपालमा इटा भट्टाहरु

इटा निर्माण नेपालका परम्परागत शिल्पहरु मध्ये एक हो। नेपालका धेरै भागहरुमा विशेष गरी काठमाडौं उपत्यका र तराईको दक्षिणी मैदानमा इटा एउटा प्राथमिक निर्माण सामाग्री हो। इटाको बढ्दो मागसंगै सन् १९५० को दशकको शुरुमा प्रविधिले फड्को मार्यो जव परम्परागत क्ल्याम्प भट्टाहरुलाई (स्थानीय भाषामा “ठाडो भट्टा”) चलाउन मिल्ने भट्टा Bull’s Trench Kilns (सामान्य रुपमा BTKs वा “चिम्नी भट्टा”) द्वारा ठूलो मात्रामा विस्थापित गर्यो जुन प्रविधि सन् १९५० को शुरुमा भारतबाट ल्याइएको थियो। नेपाल सरकारले सन् २००२ बाट काठमाडौं उपत्यकामा MBTK मा प्रतिबन्ध लगाएपछि हाल इटा बनाउन स्थिर चिम्नी BTKs (FBTK) को ब्यापक प्रयोग भईरहेको छ।

इटा निर्माण एउटा ऊर्जा र श्रम गहन प्रक्रिया हो। नेपालमा प्रायजसो भट्टाहरु हातैले काँचो इटा बनाउने इकाईहरु हुन् र यस प्रक्रियाको यान्त्रिकिकरण भएको छैन (ठूला Hoffman kiln units र थोरै FBTK मा बाहेक)। यो मौसमी उद्योग हो र इटा भण्डारणको लागि छानो भएका ठूला यान्त्रिक भट्टाहरुको लागि बाहेक यो ६-७ महिना प्रत्येक वर्ष नोभेम्बरदेखि मे सम्ममात्र संचालन हुन्छ।

अपनाइएको प्रविधि अनुसारको निश्चित ऊर्जा खपतमा विविधता हुने इटा निर्माण अत्याधिक ऊर्जा खपत गर्ने प्रक्रिया हो। इटा उद्योगले निम्न संचालन दक्षता, उच्च इन्धन खपत र उच्च प्रदुषण भार ब्यहोर्नु परेको छ जसलाई समाधान गरिनु आवश्यक छ। ऊर्जा लागत कुल उत्पादन लागतको ३०-४० प्रतिशतसम्म हुन आउँछ।

३.१.२ ऊर्जा उपयोग र नेपाली इटा भट्टाहरुमा हुने निश्चित ऊर्जाको खपत

३.१.२.१ ऊर्जा उपयोग

नेपाली इटा भट्टाहरुले मुख्यतया कोइलालाई ऊर्जाको श्रोतको रुपमा प्रयोग गर्दछन् जुन भारतको आसामबाट आयात गरिन्छ। कोइला बाहेक सानो परिमाणमा काठको धुलो/दाउरा पनि यी भट्टाहरुमा इन्धनको रुपमा प्रयोग गरिन्छ।

इटा उद्योगको मुख्य ऊर्जा खपत गर्ने खण्ड भट्टा हो जहाँ काँचो इटा पोल्नको लागि कोइलालाई इन्धनको रुपमा प्रयोग गरिन्छ। विद्युत मुख्यतया प्रकाशको लागि प्रयोग हुन्छ। यान्त्रिक रुपमा इटा बनाउने थोरै उद्योगहरुले माटो तयार गर्न र काँचो इटा पार्न विद्युतको प्रयोग गर्दछन्।

सबै इटा भट्टाहरुले जलाउनको लागि कोइलालाई चाहिँदो आकारमा टुक्रा गर्दछन्। कोइला विभिन्न रसायनिक घटकहरुको मिश्रण हो जसले बाह्य प्रतिक्रियाद्वारा ताप उत्पादन गर्दछ। कोइलाका केही घटकहरु जस्तैः खरानीले कुनै ताप उत्पादन गर्दैनन् तर प्रज्वलन पश्चात भट्टामै रहन्छन्।

खरानीलाई उड्ने खरानी र पिँधमा रहने खरानी गरी दुई किसिममा विभाजन गर्न सकिन्छ। उड्ने खरानी एउटा प्रदुषक हो जुन SPM को रुपमा चिम्नीबाट बाहिरिन्छ। उड्ने खरानीसंगै नजलेको कार्बन पनि चिम्नीबाट बाहिरिन्छ। उक्त नजलेको कार्बनको कारणले चिम्नीबाट बाहिर निस्किने ग्यासको रंग कालो देखिन्छ। ऊर्जा दक्षताले इटा भट्टामा नजलेको कार्बन बाहिर जान रोक्दछ र उड्ने खरानीको प्रतिशत पनि घटाउँदछ।

३.१.२.२ इटा क्षेत्रमा हुने निश्चित ऊर्जा खपत (SEC) (Specific Energy Consumption (SEC) in Brick Sector)

यो निर्देशिका तयार गर्ने क्रममा गरिएको अध्ययन अनुसार नेपालका इटा भट्टामा हुने निश्चित ऊर्जा खपतको परिमाण तल दिइएको छ। आँकडाहरु चारवटा इटा भट्टाहरुमा गरिएको ऊर्जा परिक्षणको आधारमा तयार पारिएको हो।

Table 3.1: Specific Energy Consumption in Brick Kiln

Specific Energy Consumption		
	Electrical, kWh/MT	**Thermal, GJ/MT**
WECS, 2019/20	२.५७	०.९५
EEC, 2015 Nepal [1]	-	१.९-३.३
India [2]	-	०.९५ – १.८२

३.१.३ साधारण प्रक्रियाको कार्यतालिका

Input		Process		Waste/Emissions
Clay	➡		➡	Dust
Manpower	➡	**Digging and Excavation**	➡	Stone/crop/grass
Energy (Diesel)	➡		➡	Smoke/Gases
		⬇		
Manpower	➡			
Water	➡	**Clay Preparation**	➡	Efficiency of Pug Mill
Electrical Energy	➡			
		⬇		
Sand	➡	**Brick Moulding**	➡	Dust (sand)
Manpower	➡			

[1] EEC/FNCCI, 2005

[2] *BEE, India*

Input	Process	Waste/Emissions
Solar Energy ➡	**Sun Drying**	➡ Heat and Moisture
Manpower ➡	**Stacking on Ground**	➡ Moisture
Manpower ➡	**Stacking at Fire Place (Loading)**	➡ Dust
Coal, wood dust ➡ Man power ➡	**Firing**	➡ Flue gas (Smoke) Dust ➡ Heat Radiation ➡ Un-burnt Coal
Manpower ➡	**Unloading (Removing from Fire Place and Stacking on Ground)**	➡ Exposure to dust ➡ Heat
	Fired Bricks	

Figure 3.1: General process flow chart of brick kiln

३.१.४ प्रक्रिया विवरण

इटा निर्माणमा चार मुख्य प्रक्रियाहरु समावेश हुन्छन्। माटो खन्ने प्रक्रियामा कच्चा पदार्थ माटोलाई उत्खनन गरिन्छ र माटोमा मिसिएका ढुंगा र ठूला वस्तुहरु हातैले हटाएर पानीसंग पूर्ण रुपमा मिसाइन्छ। माटो उत्खननको गहिराई ०.२५ देखि ३ मी. सम्म पुग्न सक्दछ। आवश्यक भएमा कार्बन भएका पदार्थहरु जस्तैः कोइलाको धुलो, खेर गएको बाली आदि वा अन्य थपिने पदार्थहरु पनि यस चरणमा माटोमा मिलाइन्छ। माटोको तयारी मुख्यतया माटोको गुणहरुमा निर्भर गर्दछ। तयार गरिएको माटोलाई एउटा निश्चित आकारमा ढालिन्छ। यस प्रक्रियालाई इटा पार्ने भनिन्छ। इटा हातैले वा एक्स्ट्रुजन मेशिनको प्रयोग गरेर यान्त्रिक रुपमा तयार गर्न सकिन्छ। काँचो इटालाई प्राकृतिक रुपमा खुला हावामा सुकाइन्छ। प्राकृतिक रुपमा सुकाउँदा ओसिलो काँचो इटाको पानी सौर्य ऊर्जाको मद्दतले उडेर जान्छ। उक्त सुकेको काँचो इटालाई (चिसो अवस्थामा ३ देखि १०% सम्म पानीको मात्रा भएको) भट्टामा पाको इटा बनाउन ८०० देखि ११००° C सम्म तताइन्छ।

३.१.५ इटा भट्टामा उल्लेख्य रुपमा ऊर्जा खपत हुने क्षेत्र तथा उपकरण

इटा भट्टाहरुमा विद्युतीय ऊर्जाको तुलनामा मुख्यतया तापीय ऊर्जाको प्रयोग हुन्छ। निम्न क्षेत्र तथा उपकरणले उल्लेख्य ऊर्जा खपत गर्दछन्:

- भट्टा;
- इन्डक्सन पंखा;
- कोइला टुक्र्याउने उपकरण;

- पग मिल;
- इटा उत्पादन क्षेत्र;
- डिजेल जेनेरेटर।

३.१.८ ऊर्जा परिक्षणको लागि नमुना संकलन तथा मापन

इटा भट्टाहरुको लागि विद्युतीय प्रणालीको ऊर्जा परिक्षणको लागि निम्न विद्युतीय प्यारामिटरहरुको मापन आवश्यक हुन्छः

डाटा लगिङः तीन चरणको डाटा लगरको मद्दतले मुख्य विद्युतीय प्यानलमा २४ घण्टा डाटा लगिङ गर्ने, यसले पावर फ्याक्टर, kW र kVA मा कुल भार, उच्चतम माग, भोल्टेज, करेन्ट, हार्मोनिक्स देखाउँछ।

भार मापनः सबै इन्डक्सन मोटरहरुको भार मापन handheld power analyzer को मद्दतले गर्ने, यसले kW, kVA, ampere र पावर फ्याक्टर देखाउँछ।

प्रकाशको भार मापनः Handheld power analyzer को मद्दतले मुख्य प्रकाश प्यानलमा भार मापन गर्ने।

डिजेल जेनेरेटरः प्रति लिटर इन्धनमा किलोवाट घण्टा उत्पादन गणना गर्ने।

इटा भट्टाहरुमा तापीय ऊर्जा परिक्षणको लागि निम्न तापीय प्यारामिटरहरुको मापन आवश्यक हुन्छः

धुवाँको विश्लेषणः अक्सिजन, कार्बन डाइअक्साइड, कार्बन मोनोअक्साइड, stack र वरपरको तापक्रम मापन गर्ने; भट्टाको एक चरणमा इन्धन खपत र उत्पादन गणना गर्ने।

सतहको ताप चुहावट मापनः भट्टाको भित्ताहरु र प्रज्वलन क्षेत्रको सतहको तापक्रम मापन गर्ने।

भट्टाको भित्तामा हावा चुहावट परिक्षणः धुवाँ ट्युब र anaemometer को प्रयोगले भट्टा तर्फ हावाको चाल (air velocity) मापन गर्ने।

काँचो इटाको ओसिलोपना र कोइलाको आकारः प्रयोगशालामा काँचो इटाको ओसिलोपना परिक्षण गर्ने; भट्टामा हालिने कोइलाको आकार नाप्ने।

३.१.९ इटा भट्टामा ऊर्जा बचतका अवसरहरु

इटा भट्टामा निम्न ऊर्जा बचतका अवसरहरु पाउन सकिन्छः

Table 3.2: Energy conservation opportunities in brick kilns

क्र.सं.	ऊर्जा बचतका अवसरहरु	लगानीको प्रकार
१	भट्टाको टुप्पो र भित्ताहरुबाट हुने चुहावट रोक्ने	शून्य लागत
२	भट्टामा पौने एक इन्च आकारको कोइला राख्ने	
३	इन्धन हाल्ने दुलोबाट एक पटकमा बढीमा २०० ग्राम कोइला हाल्ने	
४	Z आकारमा एक व्यक्तिले मात्र इन्धन हाल्ने अभ्यास गर्ने	
५	च्याम्बर प्रणालीमा काँचो इटाको चाङ लगाउने	

६	चिस्याउने क्षेत्रको दुरी कम्तिमा ७० फिट वा बढी राख्ने	
७	इन्धनसंग कम्तिमा २५ % कृषिजन्य अवशेषको प्रयोग गर्ने	
८	Ravish को मोटाई न्यूनतम ९ इन्च राख्ने	
९	इन्डक्सन पंखामा VFD को प्रयोग गर्ने	न्यून लागत
१०	इन्धन हाल्ने प्वाल ढाक्ने (तावा) इन्सुलेसन गर्ने	
११	Shunt इन्सुलेट गर्ने	
१२	भट्टामाथि हावा छेक्ने पर्खाल लगाउने	
१३	आन्तरिक इन्धनको रुपमा ४०% कोइलाको प्रयोग गर्ने	
१४	कोइला र अन्य इन्धन राख्ने टहरा कडा सतह भएको बनाउने	अधिक लागत
१५	भट्टाको duct को लागि छाना बनाउने	
१६	BTK बाट ऊर्जा दक्ष टनेल वा HKK भट्टामा प्रविधि परिवर्तन गर्ने	

३.२ सिमेन्ट उत्पादन

३.२.१ नेपालमा सिमेन्ट उद्योग

नेपालमा सिमेन्ट उद्योगहरु प्रायजसो धेरै मात्रामा संचालन गरिएका छन् र मुख्यतया शहरी क्षेत्रको नजिक र तराई क्षेत्रमा अवस्थित छन्। शुरुवाती समयमा सिमेन्ट उद्योगहरु सरकारद्वारा स्थापित गरिएको थियो। सरकारद्वारा काठमाडौं उपत्यकाको चोभारमा ३६० TPD क्षमताको हिमाल सिमेन्ट कम्पनी लिमिटेड, हेटौंडाको लाम्सुरेमा ७५० TPD क्षमताको हेटौंडा सिमेन्ट उद्योग लिमिटेड, उदयपुरको गाईघाटमा ८५० TPD क्षमताको उदयपुर सिमेन्ट उद्योग लिमिटेड स्थापना गरिएका थिए। हाल हिमाल सिमेन्ट कम्पनी लिमिटेड बन्द भैसकेको भए तापनि हेटौंडा सिमेन्ट उद्योग र उदयपुर सिमेन्ट उद्योग अझै संचालनमा छन्।

प्रायः सबै सिमेन्ट उद्योगहरुले समान प्रविधि र प्रक्रियाहरु अपनाउँदछन्। तर सामानहरुको उत्पादन उद्योग अनुसार फरक छन् । धेरैजसो उद्योगहरुले मुख्यतया OPC (Ordinary Portland Cement) & PPC (Portland Pozzolana Cement) को उत्पादन गर्दछन्। केही उद्योगहरुले PSC (Portland Slag Cement) को उत्पादन गर्दछन्। सिमेन्ट उत्पादनको लागि सिमेन्ट ग्रेड चुनढुंगा, सिलिका रिच क्ले र जिप्सम मुख्य कच्चा पदार्थहरु हुन् भने कोइला चुनढुंगामा आधारित सिमेन्ट उद्योगहरुको मुख्य इन्धन हो।

उद्योग विभाग अनुसार नेपालमा १०५ सिमेन्ट उद्योगहरु दर्ता गरिएका छन्। जस मध्ये सन् २०१९ सम्म ५४ वटा उद्योगहरुले नेपाल गुणस्तर चिन्ह (NS Mark) प्राप्त गरेका छन्। कच्चा पदार्थको उपलब्धताको दृष्टिले हेर्दा सिमेन्ट क्षेत्र नेपालको एउटा अत्यन्त महत्वपूर्ण क्षेत्रको रुपमा लिइन्छ। यो ठूला उद्योग अन्तर्गत पर्दछ। नेपालमा ७००० वर्ग किलोमिटर क्षेत्रमा फैलिएको चुनढुङ्गाको ठूलो खानी रहेकोले नेपालमा क्याल्सियम कार्बोनेट वा चुनढुंगा र सिलिका रिच क्ले जस्ता मुख्य कच्चा

पदार्थहरुको राम्रो अवस्थिति रहेको छ। नेपाल सिमेन्ट उत्पादक संघका अनुसार नेपालमा सिमेन्टको कुल वार्षिक खपत ६ मिलियन टन छ।

कच्चा पदार्थ र बजारको उपलब्धताको सन्दर्भमा नेपाली सिमेन्ट उत्पादन क्षेत्रलाई हेर्दा समग्र परिदृष्य उत्साहजनक छ। आफ्नै उत्पादन वा खानी नभएकोले नेपालले सिमेन्ट कारखानामा मुख्य इन्धनको रुपमा प्रयोग हुने कोइलाको आयातमा निर्भर हुनु परेको छ। तसर्थ ऊर्जाको दक्ष उपयोगका साथै प्रभावकारी ऊर्जा व्यवस्थापन देशमा दिगो तथा मितब्ययी सिमेन्ट उत्पादनको सुनिश्चितताका आवश्यक माध्यमहरु हुन्।

३.२.२ ऊर्जा उपयोग र नेपाली सिमेन्ट उद्योगहरुमा हुने निश्चित ऊर्जाको खपत

३.२.२.१ ऊर्जा उपयोग

कुल उत्पादन लागतमा ऊर्जाको लागत उल्लेख्य हुने हुनाले उचित ऊर्जा व्यवस्थापन कार्यसंगै ऊर्जा दक्षता र ऊर्जा संरक्षणका उपायहरु सिमेन्ट उद्योगहरुका लागि अत्यन्त महत्वपूर्ण हुन्छ। सबै क्षेत्रहरुमा ऊर्जाको माग अनुकुलन गर्दै उत्पादकत्व र गुणस्तर लक्ष्यसंग मिल्दो अनुकुल संचालन बिन्दुको खोजीसंग मिलान गर्नु अत्यावश्यक हुन्छ। सिमेन्ट उत्पादनमा प्राकृतिक श्रोतहरुको पनि ठूलो परिमाणमा खपत हुन्छ।

ऊर्जा खपत र हरितगृह ग्यास (GHG) उत्सर्जनको परिमाणको कारणले गर्दा ऊर्जा दक्षता र वातावतण नीतिहरुको परिप्रेक्ष्यमा सिमेन्ट उद्योगलाई उच्च महत्व दिइन्छ। नयाँ सिमेन्ट कारखानाहरु बनाउँदा उत्पादकहरुले हालसालै विकास गरिएका प्रविधिहरु जडान गर्दछन् जुन साधारणतया सबैभन्दा ऊर्जा दक्ष पनि हुन्छन्। तसर्थ नयाँ भट्टीहरु तुलनात्मक रुपमा धेरै ऊर्जा दक्ष हुन्छन्। बढी दक्ष प्रविधिहरुले साधारणतया उत्पादकलाई न्यून ऊर्जा लागत मार्फत लागत लाभ प्रदान गर्दछन् त्यसैले नयाँ कारखानाहरु थप्दा र पुराना कारखानाहरुको स्तर बढाउँदा क्रमिक रुपले दक्षतामा बृद्धि हुने गर्दछ। धेरै विभिन्न श्रेणीका प्रविधिहरु यहाँ उपलब्ध छन् तथा प्रति इकाईका आधारमा बचत ०.२ देखि ३.५ गिगाजुल प्रति टन क्लिंकरसम्म हुने गर्दछ। यस उद्योगले अदक्ष लामो (long) सुख्खा भट्टीहरु र आर्द्र उत्पादन प्रक्रियामा परिवर्तन गर्दैछ। साधारणतया अधिक उन्नत प्रविधिहरुको आगमनसंगै बजार र आर्थिक शक्तिले अदक्ष सुविधाहरु बन्द गर्न शुरु गर्दछ।

कोइला विश्वब्यापी रुपमा सिमेन्ट भट्टीहरुमा प्रयोग गरिने प्राथमिक इन्धन हो तर पेट्रोलियम कोक, प्राकृतिक ग्यास र तेल पनि भट्टीमा बाल्न प्रयोग गर्न सकिन्छ।बढी परम्परागत जिवाश्म इन्धनको बदलामा प्रायजसो सिमेन्ट भट्टीहरुमा खेर गएका इन्धन जस्तैः रंगरोगन प्रक्रियामा खेर गएका पदार्थहरु, धातुहरु धुने तरल पदार्थ, इलेक्ट्रोनिक उद्योगका सोल्भेन्टहरु र टायरहरु पनि इन्धनका रुपमा प्रयोग गरिन्छ। नेपालमा सिमेन्ट भट्टीहरुमा विशेष गरी कोइला नै इन्धनको रुपमा प्रयोग गरिन्छ जबकि ग्रिडबाट प्राप्त र डिजेल जेनेरेटरबाट साइटमा नै उत्पादन गरिने विद्युत चाँही कारखानाका उपकरणको लागि ऊर्जाको रुपमा प्रयोग गरिन्छ। नयाँ कारखानाहरुले पनि आफ्नै भवनभित्रै कोइलामा आधारित ऊर्जा भट्टी राख्न शुरु गरेका छन्।

३.२.२.२ सिमेन्ट क्षेत्रमा हुने निश्चित ऊर्जाको खपत (SEC) (Specific Energy Consumption (SEC) in Cement Sector)

यो निर्देशिका तयार गर्ने क्रममा गरिएको अध्ययन अनुसार नेपालमा सिमेन्ट क्षेत्रमा हुने निश्चित ऊर्जा खपत तल दिइएको छ। आँकडाहरु नेपालका चारवटा सिमेन्ट उद्योगमा गरिएको ऊर्जा परिक्षणको आधारमा तयार गरिएको हो।

Table 3.3: Specific Energy Consumption in Cement Industry

Specific Energy Consumption		
	Electrical, kWh/MT	**Thermal, GJ/MT**
WECS, 2019/20	Limestone Based: ७४.६८ Clinker Based: ३८.४	२.७५
EEC, 2015 Nepal [3]	Limestone Based: ८०-५५० Clinker Based: ३८	३.२६ – ४.४८
India [4]	Limestone Based: १०५ Clinker Based: ३५	३.१
European Union, 2010 [5]	९० to १५०	३.३८२

३.२.३ साधारण प्रक्रियाको कार्यतालिका

Input		**Process**		**Output**
Lime Stone Boulder Electricity Manpower	→	**Lime Stone Crushing Primary & Secondary**	→	Dust Emission Spillage Noise
		↓		
Electricity Manpower	→	**Lime Stone Blending**	→	Dust Emission LS Spillage Noise
		↓		
Clay From Ore Electricity Hot Air from Kiln Manpower	→	**Raw Meal Grinding**	→	Dust Emission Spillage Noise
		↓		
Electricity Manpower	→	**Homogenization**	→	Dust Emission Dust Spillage Noise

[3] EEC/FNCCI, 2015
[4] BEE, India
[5] EU, 2010

Input		Process		Output
		↓		
Hot air from Kiln Electricity Manpower	→	**Preheating & Calcinations**	→	Dust Emission Dust Spillage Noise Heat Radiation
		↓		
Coal Hot Air Electricity Manpower → Coal Grinding → Coal Dust	→	**Sintering**	→	Dust Emission Hot air to raw mill Heat Radiation
		↓		
Electricity Manpower	→	**Cooling**	→	Hot air to coal mill & raw mill Dust emission
		↓		
Electricity Manpower	→	**Storing & Stabilizing**	→	Dust emission Rejected Clinker
		↓		
Gypsum Electricity Manpower	→	**Cement Grinding**		Dust Emission Cement Spillage Noise
		↓		
Packing bags Electricity Manpower	→	**Packing**	→	Dust Emission Cement Spillage Damaged bags
		↓		
		Cement ready for Dispatch		

Figure 3.2: General process flow chart of Limestone based cement plant

Clinker based Cement Plant

Input		Process		Output
Clinker Fly ash Gypsum	→ → →	**Storing**	→ → →	Clinker Dust Fly ash Dust Gypsum Dust
		clinker ↓ fly ash		
Crushed Gypsum Electricity Manpower	→	**Storing (Master Hopper)**	→ →	Dust Spillages
Electricity Manpower	→ →			
		↓		
Electricity Manpower	→ →	**Storing (Raw Material Hopper)**	→ →	Dust emission Spillages

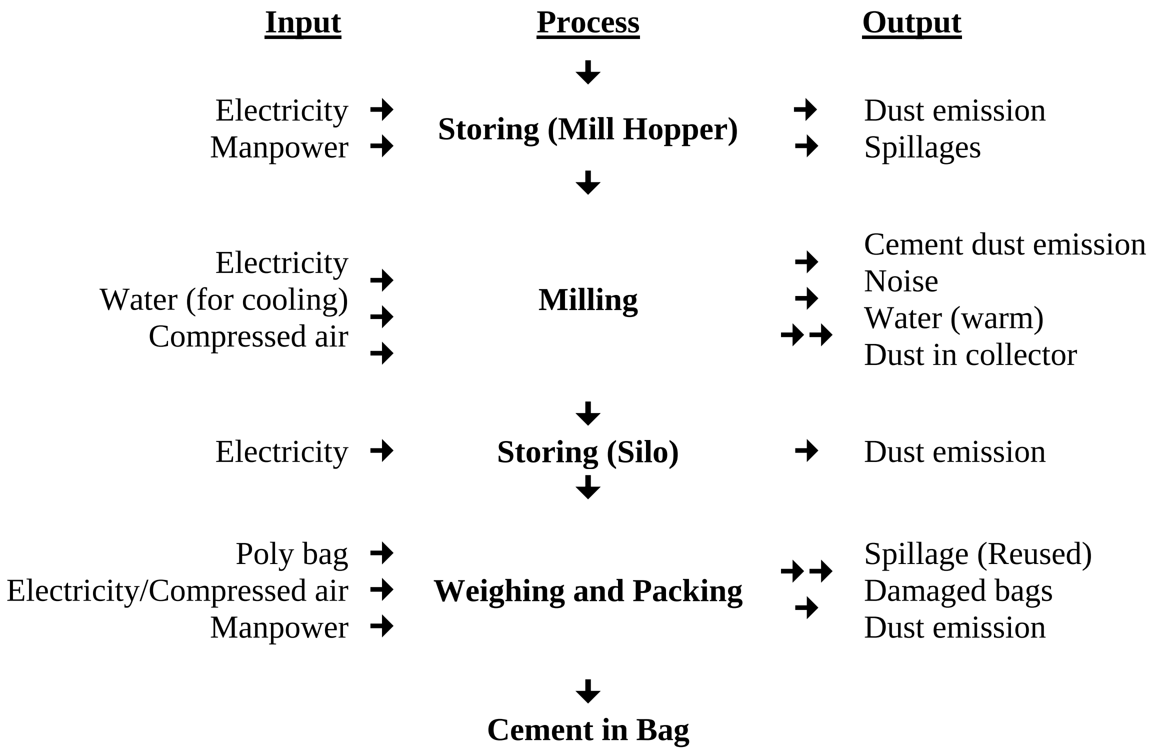


Figure 3.3: General process flow chart of clinker-based cement plant

३.२.४ प्रक्रिया विवरण

सिमेन्टको उत्पादन मुख्य रुपमा क्लिंकर उत्पादन र सिमेन्ट पिसानी गरी दुई चरणको प्रक्रिया हो। पहिलो चरणमा क्लिंकर उत्पादनको लागि कच्चा पदार्थहरुलाई भट्टीमा खन्याइन्छ। क्लिंकरमा कच्चा पदार्थमा भएका क्याल्सियम, सिलिका, अलुमिना र आइरन अक्साइडहरुबाट प्राप्त भएको क्याल्सियमका सिलिकेट, अलुमिनेट र फेराइट समावेश हुन्छन्। दोस्रो चरणमा इच्छित क्षमता जस्तैः सेट हुन लाग्ने समय (setting time) र strength development भएको सिमेन्ट प्राप्त गर्न क्लिंकरलाई क्याल्सियम सल्फेटसंग (जिप्सम वा एनहाइड्राइट) मिलमा पिसिन्छ।

कच्चा पदार्थको अधिग्रहण (acquisition)

क्याल्सियम कार्बोनेट सामान्यतया चुनढुंगा कारखानामा प्रयोग हुने आधारभूत् कच्चा पदार्थ हो। चुनढुंगालाई खानीबाट उत्खनन गरेर उपलब्ध सुविधाका आधारमा रेल, रोपवे, ट्रिपरहरु र डम्परहरुको प्रयोग गरेर कारखानामा ढुवानी गरिन्छ। खानीहरु नविन प्रविधि तथा मेसिनरीहरुले सुसज्जित हुन्छन्। खानीबाट ल्याइएको चुनढुंगालाई त्यसपछि primary Jaw Crusher र secondary hammer crusher द्वारा पिसिन्छ। पिसिएको चुनढुंगालाई कारखाना स्थलमा ढुवानी गरिन्छ। कोइला, बक्साइट (आल्मुनियमको लागि), फलाम खनिज, जिप्सम जस्ता अन्य कच्चा पदार्थहरु विभिन्न आपूर्तिकर्ताहरुबाट खरिद गरिन्छ।

कच्चा पदार्थ मिलिङ (raw milling)

Raw milling मा चाहिएको रसायनिक स्वरुप प्राप्त गर्न उपलब्ध कच्चा पदार्थहरु मिसाएर पिसिन्छ जसबाट उचित कण-आकार प्राप्त गरी सिमेन्ट भट्टीमा समुचित इन्धन दक्षता र अन्तिम ठोस उत्पादनमा शक्ति सुनिश्चित हुन्छ। समरुप मिश्रण (homogenous blend) प्राप्त गर्न कच्चा पदार्थहरुलाई धुलो बनाउने, पिस्ने र मिसाउने कार्य गरे पश्चात भण्डारण गरिन्छ। यो पिस्ने प्रक्रिया raw mill मा सम्पन्न हुन्छ जुन VRM वा ball mill वा दुबै हुन सक्दछ। यो प्रक्रियामा मुख्य ऊर्जाको रुपमा विद्युत उपयोग गरिन्छ।

क्लिंकर उत्पादनको लागि भट्टी प्रणालीमा प्रवेश गर्नु अघि र सामाग्रीको तयारी पछि कच्चा पदार्थलाई भट्टीमा शिघ्र र दक्ष रुपमा रसायनिक प्रतिक्रिया गराउनको लागि तताइन्छ र कच्चा पदार्थमा रहेका क्याल्सियम अक्साईडलाई क्याल्सियम कार्बोनेटबाट अलग गर्न क्याल्सिनेसन गरिन्छ। यस प्रक्रियाको दौरानमा उल्लेख्य परिमाणमा कार्बन डाइअक्साइड निष्कासन हुन्छ। यो संपूर्ण प्रक्रिया प्रिहिटर टावरमा विभिन्न चरणहरुमा चक्रवात (cyclones) हरु मार्फत हुन्छ ।

Pyro-processing

Pyro-processing मा क्लिंकर उत्पादनको लागि कच्चा मिश्रणलाई तताइन्छ। कच्चा पदार्थहरु बीचको रसायनिक प्रतिक्रियाबाट बनाइएको ०.३२-५.५० से.मी. (१/८–२") ब्यासका कडा खरानी रंगका गोलाकार नोड्युलहरु नै क्लिंकर हुन्। Pyro - processing प्रणालीमा तीन चरणहरु समावेश हुन्छन्: सुकाउने र तताउने, क्याल्साइनिंग (तताउने प्रक्रिया जसबाट क्याल्सियम अक्साइडको निर्माण हुन्छ) र जलाउने (sintering) । यो pyro-processing प्रकृया भट्टीको जलाउने खण्डभित्र सम्पन्न हुन्छ।

कारखानामा मुख्य तापीय ऊर्जाको खपत यस खण्डमा हुन्छ। कोइला मिलले कोइला धुलो पार्न विद्युत खपत गर्दछ। भट्टी प्रणालीमा हालिएका सामाग्रीहरुमा रहेका सिलिका, अलुमिना र फलामका अक्साइडहरुसंगै क्याल्सियम अक्साइडलाई क्लिंकर निर्माणको लागि सामान्यतया १४००-१५००°C को तापक्रममा sinter गरिन्छ। कुलरमा चिस्याउने चरणसंगै क्लिंकर उत्पादन प्रक्रिया समाप्त हुन्छ। जलेका ग्यासहरु raw meal silo हुँदै भट्टीमा आएका कच्चा पदार्थलाई तताउँदै प्रिहिटर टावर मार्फत भट्टीबाट बाहिरिन्छन्।

क्लिंकर कुलिङ

क्लिंकर कुलिङ प्रक्रियाले ३०% सम्म भट्टी प्रणालीको ताप पुनर्लाभ गर्दछ, पूर्ण उत्पादन गुणस्तरको संरक्षण गर्दछ र चिस्याइएका क्लिंकरहरुलाई कन्भेयरद्वारा संचालन गर्न सक्षम बनाउँछ।

क्लिंकर भण्डारण

कुलरबाट भण्डारण क्षेत्रमा र finish mill सम्म क्लिंकरको ढुवानी गर्न उपयुक्त स्थानान्तरण संयन्त्रको प्रयोग गरिन्छ। सामान्यतया gravity drops र स्थानान्तरण बिन्दुहरु धुलो संकलकहरुमा निकास गरिन्छ।

सिमेन्ट मिलिङ (finish)

अर्डिनरी पोर्टल्यान्ड सिमेन्ट (OPC) को उत्पादनका लागि साइलो सन्चित भण्डारमा राखिएको भट्टीमा उत्पादित क्लिंकरलाई जिप्सम (लगभग ५%) संगै पिसिन्छ । संसारभरिका धेरै सिमेन्ट कारखानाहरुमा साधारणतया प्रयोग गरिने पिसाउने उपकरण बल मिल (ball mill) हो। हालसालै जडित कारखानाहरुमा भने ऊर्जा खपत न्यूनिकरणको लागि VRM जडान गरिएको हुन्छ। अन्य प्रकारका सिमेन्टहरु जस्तैः PPC (Portland Pozzolana Cement) र PSC (Portland Slag Cement) पनि क्रमशः क्लिंकरलाई fly-ash र blast furnace slag संगै पिसाएर उत्पादन गरिन्छ।

प्याकिङ र लोडिङ

सिमेन्ट उत्पादनको काम पुरा भएपछि ठूला भकारीहरुमा भण्डारणको लागि कन्भेयर र लिफ्टको प्रयोग गरेर स्थानान्तरण गरिन्छ। मापदण्ड/आवश्यकता अनुसार सिमेन्टलाई प्याक गरिन्छ। त्यसपछि माग अनुसार देशभर रहेका विभिन्न व्यापारी तथा एजेन्टहरुलाई सिमेन्ट प्रेषण गरिन्छ।

३.२.५ सिमेन्ट उद्योगहरुमा उल्लेख्य ऊर्जा खपत हुने क्षेत्र तथा उपकरण

सिमेन्ट उद्योगहरु (चुनढुंगामा आधारित) ले विद्युतीय र तापीय दुबै ऊर्जाको प्रयोग गर्दछन्। निम्न क्षेत्र र उपकरणले उल्लेख्य ऊर्जा खपत गर्दछन्:

- इन्डक्सन मोटर;
- भट्टी;
- क्रसर;
- ग्राइन्डिङ;
- प्रकाश;
- सिमेन्ट मिल;
- कम्प्रेसर;
- डिजेल जेनेरेटर;
- फ्यान र हावा फ्याँक्ने औजार;
- प्रिहिटर र
- खेर जाने ताप पुनर्लाभ प्रक्रिया।

३.२.६ ऊर्जा परिक्षणको नमुना संकलन र मापन

सिमेन्ट उद्योगहरुमा विद्युतीय ऊर्जा परिक्षणको लागि निम्न विद्युतीय प्यारामिटरहरुको मापनको आवश्यकता पर्दछः

डाटा लगिङः तीन चरणको डाटा लगरको मद्दतले मुख्य विद्युतीय प्यानलमा २४ घण्टा डाटा लगिङ गर्ने, यसले पावर फ्याक्टर, kW र kVA मा कुल भार, उच्चतम माग, भोल्टेज, करेन्ट, हार्मोनिक्स देखाउँछ।

भार मापनः सबै इन्डक्सन मोटरहरुको भार मापन handheld power analyzer को मद्दतले गर्ने, यसले kW, kVA, ampere र पावर फ्याक्टर देखाउँछ।

प्रकाशको भार मापनः Handheld power analyzer को मद्दतले मुख्य प्रकाश प्यानलमा भार मापन गर्ने।

प्रकाश सम्बन्धी विवरणः Wattages, वल्ने अवधि र जडान गरिएको स्थानसंगै बत्तीका किसिमहरुको संकलन गर्ने।

हावा कम्प्रेसरः FAD जाँच संचालन गर्ने, वितरण प्रणालीमा चुहावटको पहिचान गर्ने।

डिजेल जेनेरेटरः प्रति लिटर इन्धनमा किलोवाट घण्टा उत्पादन गणना गर्ने।

पंखा र हावा फ्याँक्ने औजारः पंखा र हावा फ्याँक्ने औजारको भार मापन गर्ने।

सिमेन्ट उद्योगहरुमा तापीय ऊर्जा परिक्षणको लागि निम्न तापीय प्यारामिटरहरुको मापन आवश्यक हुन्छः

प्रिहिटर र भट्टीः

- सतहको ताप चुहावट मापनः भट्टीको सतहको तापक्रम नाप्ने;
- हावा प्रिहिटरः बाहिर निस्कने र भित्र आउनेको तापक्रम नाप्ने;
- खेर जाने ताप पुनर्लाभ (बोइलर): सतहको ताप चुहावट नाप्ने र पुनर्लाभ संघनित (condensate recovery) गर्ने।

३.२.७ सिमेन्ट उद्योगहरुमा सम्भावित ऊर्जा बचतका अवसरहरु

सिमेन्ट उद्योगहरुमा निम्न ऊर्जा बचतका अवसरहरु पाउन सकिन्छः

Table 3.4: Energy conservation opportunities in cement industries

क्र.सं.	ऊर्जा बचतका अवसरहरु	लगानीको प्रकार
१	विद्युतीय माग व्यवस्थापन	शून्य लागत
२	APFC इकाईसंगै क्यापासिटर बैंकको जडानद्वारा पावर फ्याक्टरमा सुधार	
३	परम्परागत बत्तीहरुलाई LED द्वारा प्रतिस्थापन गर्ने	
४	Down coming duct मा बढी अक्सिजनमको नियन्त्रण गर्ने	
५	सबै प्रेसर गज र तापक्रम सुचकहरुलाई क्यालिब्रेट गर्ने	
६	सबै इन्डक्सन मोटरहरुमा नियमित धुलो सफा गर्ने	
७	CO formation न्यून गर्न भट्टीमा हावाको आपूर्ति नियन्त्रण गर्ने	

८	पम्प र मोटरको लागि VFD जडान गर्ने	न्यून लागत
९	पुराना पम्प र मोटरलाई ऊर्जा दक्ष पम्प र मोटरद्वारा प्रतिस्थापन गर्ने	
१०	कोइलाको बदलामा वैकल्पिक इन्धनको प्रयोग गर्ने	
११	सबै विभागहरुमा ऊर्जा मिटर जडान गर्ने	
१२	false air लाई Cooler Bag House मा arrest गर्ने	
१३	ट्रांसफर्मरमा on load tap changer जडान गर्ने	
१४	ऊर्जा व्यवस्थापन प्रणाली कार्यान्वयन गर्ने	
१५	ज्वलन क्षेत्रमा रेडियसन र कन्भेक्सन चुहावट घटाउन नयाँ रिफ्र्याक्टरी लाइनिङ जडान गर्ने	अधिक लागत
१६	खेर जाने ताप पुनर्लाभ गर्ने प्लान्ट जडान गर्ने र विद्युत उत्पादन गर्ने	

३.३ डेरी उद्योग

३.३.१ नेपालमा डेरी उद्योग

दुग्ध उत्पादनहरुलाई शहरी उपभोक्तामाझ पुर्याइ ग्रामिण क्षेत्रमा शहरी पूँजी भित्र्याउने डेरी उद्योग एउटा औजार भएको छ। डेरी उद्योगहरुले दुध किसानहरु र उपभोक्ताहरु तथा शहरी र ग्रामिण व्यापारलाई जोड्ने काम गरिरहेका छन्। डेरी क्षेत्रको पशुधनमा झण्डै दुई तिहाई र कुल ग्राहस्थ उत्पादनमा लगभग ९ प्रतिशत योगदान छ र यसलाई नेपालको सबैभन्दा महत्वपूर्ण पशुधनको उपक्षेत्र मानिन्छ। नेपालमा हाल १६०३ दुग्ध उत्पादन सहकारीहरु (MPCs), ६ दुग्ध आपूर्ति योजनाहरु र दुग्ध विकास संस्थानका १७ चीज कारखानाहरु तथा २५० निजी क्षेत्रका डेरी उद्योगहरु संचालनमा छन् (DDB, २०१७)।

शहरी क्षेत्रबाट ग्रामिण क्षेत्रमा नगद प्रवाहको सुनिश्चितता गरी रोजगारी तथा आम्दानी गर्ने अवसरहरुको सृजना गर्दै गरीबी घटाउनमा यस क्षेत्रको महत्व रहेको छ। देशको कुल दुग्ध उत्पादनमा औपचारिक क्षेत्रको योगदान २०% भन्दा कम छ। आवश्यक वार्षिक ९% उत्पादन बृद्धिदर हुनु पर्नेमा वर्तमान दुग्ध उत्पादन बृद्धिदर वार्षिक ३.४ प्रतिशत मात्र छ (DDB, २०१७)।

डेरी उद्योगमा मेशिन, रेफ्रिजेरेसन, भेन्टिलेसन, प्रकाश र कम्प्रेसर संचालनको लागि विद्युतको प्रयोग गरिन्छ। बोइलरबाट उत्पन्न हुने बाष्पको रुपमा रहेको तापीय ऊर्जा तताउने र सफा गर्ने कार्यमा प्रयोग गरिन्छ।

३.३.२ ऊर्जा उपयोग र नेपाली डेरी उद्योगमा हुने निश्चित ऊर्जाको खपत

३.३.२.१ ऊर्जा उपयोग

डेरी उद्योगले उत्पादन प्रक्रियामा विद्युतीय र तापीय दुबै ऊर्जाको खपत गर्दछ। विद्युतीय ऊर्जाको मुख्य श्रोत राष्ट्रिय ग्रिड हो भने लोड शेडिङ भएको अवस्थामा डिजेल जेनेरेटरको प्रयोग गरिन्छ। मुख्यतया मोटर, ड्राइभ, कम्प्रेसर (हावा र रेफ्रिजेरेसन दुबै), पम्प र प्रकाशको लागि विद्युतीय ऊर्जाको खपत हुन्छ। मुख्य विद्युत खपत गर्ने प्रक्रियाहरुमा चिस्याउने भण्डार, होमोजिनाइजेसन र पानी चिस्याउने विधि हुन्। दुध पाश्चराइजेसन र अन्य प्रक्रियाहरुको लागि बाष्प उत्पन्न गर्ने बोइलर संचालनको लागि तापीय ऊर्जा आवश्यक पर्दछ। बोइलर संचालनको लागि प्रयोग हुने मुख्य इन्धन दाउरा र मट्टितेल हो। अन्य श्रोतहरु जस्तैः धानको भुस र डिजेल पनि केही उद्योगहरुमा प्रयोग गरिन्छ।

३.३.२.२ डेरी उद्योगमा हुने निश्चित ऊर्जाको खपत (SEC) (Specific Energy Consumption (SEC) in Dairy Sector)

यो निर्देशिका तयार गर्ने क्रममा गरिएको अध्ययन अनुसार नेपालका डेरी उद्योगहरुमा हुने निश्चित ऊर्जा खपतको परिमाण तल दिइएको छ। आँकडाहरु चारवटा डेरी उद्योगहरुमा गरिएको ऊर्जा परिक्षणको आधारमा तयार पारिएको हो।

Table 3.5: Specific Energy Consumption in Dairy

Specific Energy Consumption		
Description	**Electrical, kWh/KL**	**Thermal, GJ/KL**
WECS 2019/20	१०३.०४	१.७९
EEC, 2015 Nepal[6]	४०-१२८	०.२५ – २.८५
ESPS/DANIDA, Nepal[7]	१२२.५	०.६४
India[8]	१६.४४	०.११६७

३.३.३ साधारण प्रक्रियाको कार्यतालिका

विभिन्न दुग्धजन्य उत्पादनका उत्पादन प्रक्रियाहरु उत्पादित वस्तु अनुसार फरक हुन्छन्। मुख्य उत्पादनहरुको साधारण कार्यतालिका तल दिइएको छ।

[6] EEC/FNCCI, 2005
[7] ESPS/DANIDA, 2001 to 2005
[8] BEE, India

General Milk Processing

Input	**Process**	**Output**
Raw Milk Filter Cloth Manpower →	**Milk Reception**	→ Spillage Filter Cloth + detergent Waste Water
Ice water circulation Electricity Manpower →	↓ **Instant Chilling**	→ Ice water circulation (returned to input)
Chilled water Electricity →	↓ **Raw milk holding and cooling**	→ Chilled Water Spillage milk
Electricity →	↓ **Cream separation**	→ Spillage Sludge Cream
Electricity Water Manpower →	↓ **Homogenization**	→ Waste Water
Electricity Steam Air →	↓ **Pasteurization**	→ Spillages Steam Condensate waste
Electricity Chilled water →	↓ **Cooling & Storing**	→ Chilled water circulation Spillage
Plastic film Water Compressed air Manpower Electricity Printing ink Crates →	↓ **Packing**	→ Spillage Damaged plastic Water Ink Spillage Residue in overhead tank
Electrical Energy →	↓ **Cold Storage** ↓ Milk dispatch	→ Energy waste

Figure 3.4: General Milk Processing Flowchart

३.३.४ प्रक्रिया विवरण

दुग्ध प्रशोधन:

विभिन्न दुध चिस्यान केन्द्रहरुबाट दुध संकलन गरिन्छ। उक्त दुध इन्सुलेट गरिएको ट्यांकरबाट डेरी उद्योगमा ढुवानी गरिन्छ। केही डेरी उद्योगसंग दुध ढुवानीको लागि रेफ्रिजेरेटरयुक्त भ्यान पनि उपलब्ध छ। उद्योगको ढोकैमा किसानहरुले नजिकैका स्थानहरुबाट क्यानमा ल्याएको दुध पनि संकलन गरिन्छ। प्राप्त भएको दुधलाई गुणस्तर जाँच पछि चिस्याउने, छान्ने र सफा गर्ने काम गरिन्छ। तत् पश्चात दुधलाई चिस्याइएको कच्चा दुध राख्ने ट्यांकीमा भण्डारण गरिन्छ ।

प्रशोधनस्थलका भण्डारण ट्यांकीहरुमा राखे पश्चात कच्चा दुधलाई उत्पादन आवश्यकता अनुसार पाश्चराइजरको पुनःउत्पादन क्षेत्रमा अलग पार्ने तापक्रमसम्म तताइन्छ । उक्त तताइएको दुधलाई क्रिमको हिस्सा हटाउनको लागि centrifugal separator मा पठाएर standardize र homogenize गरिन्छ। उक्त क्रिम निकालिएको दुधलाई अन्तमा चाहिएको मात्राको चिल्लो राख्नको लागि पूनः चिल्लोसंगै पूर्वनिर्धारित अनुपातमा मिसाइन्छ।

पाश्चराइजेसन प्रक्रियामा दुधको बजारमा बिक्रीको आयु बढाउनको लागि कच्चा दुधमा हुने सबैजसो जिवाणुहरुलाई मार्ने काम समावेश हुन्छ। यसको लागि उपलब्ध दुधलाई छिटोसंग जिवाणु नष्ट गर्न पाश्चराइजेसन तापक्रम ठीक अवधिसम्म राखी रहने सुनिश्चितता (जस्तै २५ सेकेन्डसम्म ७२°C मा) गरेर साधारण नलीमा पाश्चराइजेसन तापक्रममा तताइन्छ। उक्त तातो दुधलाई पूनःउत्पादन क्षेत्रबाट पठाइन्छ जसले आउँदै गरेको चिसो दुधलाई आफ्नो ताप दिन्छ र त्यसले गर्दा आंशिक रुपमा sterilize हुँदै बजारमा बिक्री गर्ने आयु बढ्न जान्छ र उक्त दुध चिसोको त्यो स्तरसम्म पुग्दछ कि बाँकी बचेका जिवाणुको बृद्धि न्यून हुन्छ। सामान्यतया यो एउटा in-line प्रक्रिया हो जसमा तताउने र चिस्याउने काम प्लेट हिट एक्स्चेन्जरमा संचालन हुन्छ।

अन्तमा पाश्चराइजरबाट बाहिर निस्केको दुधलाई लगभग ४°C मा तापक्रम नियन्त्रण गर्न चिसो पानीको प्रयोग गरिन्छ। दुधलाई केही सेकेन्डभित्रै तताउने र चिस्याउने गरिने हुनाले त्यहाँ तताई र चिस्याईको गहन माग हुन्छ। त्यस कारण धेरैजसो ताप पुनःउत्पादन र पाश्चराइजरमा पुनःप्रयोग गरिने भए तापनि यो प्रक्रिया डेरी उद्योगहरुमा उत्सर्जनको सबैभन्दा ठूलो श्रोत मध्ये एक हो।

३.३.५ डेरी उद्योगहरुमा उल्लेख्य ऊर्जा खपत हुने क्षेत्र तथा उपकरण

निम्न क्षेत्र र उपकरणहरुले उल्लेख्य ऊर्जा खपत गर्दछन्:

- बोइलर र बाष्प वितरण;
- चिस्यान;
- प्रकाश;
- पम्प प्रणाली;
- प्याकिङ;
- कुलिङ टावर;

- कम्प्रेसर;
- डिजेल जेनेरेटर;
- ताप एक्स्चेन्जर, र
- बरफ बैंक ट्यांक।

३.३.६ ऊर्जा परिक्षणको लागि नमुना संकलन तथा मापन

डेरी उद्योगहरुको विद्युतीय प्रणालीको ऊर्जा परिक्षणको लागि निम्न विद्युतीय प्यारामिटरहरुको मापन आवश्यक हुन्छः

डाटा लगिङः तीन चरणको डाटा लगरको मद्दतले मुख्य विद्युतीय प्यानलमा २४ घण्टा डाटा लगिङ गर्ने, यसले पावर फ्याक्टर, kW र kVA मा कुल भार, उच्चतम माग, भोल्टेज, करेन्ट, हार्मोनिक्स देखाउँछ।

भार मापनः सबै इन्डक्सन मोटरहरुको भार मापन handheld power analyzer को मद्दतले गर्ने, यसले kW, kVA, ampere र पावर फ्याक्टर देखाउँछ।

प्रकाशको भार मापनः Handheld power analyzer को मद्दतले मुख्य प्रकाश प्यानलमा भार मापन गर्ने।

प्रकाश सम्बन्धी विवरणः Wattages, वल्ने अवधि र जडान गरिएको स्थानसंगै बत्तीका किसिमहरुको संकलन गर्ने।

पम्पको भार मापनः कार्यक्षमता मुल्यांकनको लागि ऊर्जा खपत र हेड डिस्चार्ज मापन गर्ने।

हावा कम्प्रेसरः FAD जाँच संचालन गर्ने, वितरण प्रणालीमा चुहावटको पहिचान गर्ने।

डिजेल जेनेरेटरः प्रति लिटर इन्धनमा किलोवाट घण्टा उत्पादन गणना गर्ने।

डेरी उद्योगहरुको तापीय प्रणालीको ऊर्जा परिक्षणको लागि निम्न प्यारामिटरहरुको मापन आवश्यक हुन्छः

बोइलरः

- **धुवाँको विश्लेषणः** अक्सिजन, कार्बन डाइअक्साइड, कार्बन मोनोअक्साइड, stack र वरपरको तापक्रम मापन गर्ने।
- **सतहको ताप चुहावट मापनः** बोइलर भाँडा र बाष्प पाइपलाइनहरुको सतहको तापक्रम मापन गर्ने।
- **फीड वाटर विश्लेषणः** pH, TDS, कडापन र तापक्रम मापन गर्ने।
- **ब्लो डाउन पानीको विश्लेषणः** pH & TDS मापन गर्ने।
- **इकोनोमाइजर र हावा प्रिहिटरः** भित्र जाने र बाहिर निस्कने पानी र हावाको तापक्रम मापन गर्ने।

HVAC: भित्र जाने र बाहिर निस्कने तापक्रम, बहाव दर, क्षेत्र र COP को लागि विद्युतीय भार नाप्ने र कार्यक्षमता मुल्यांकन गर्ने।

ताप एक्स्चेन्जर: भित्रिने र बाहिरिने तापक्रम नाप्ने।

बरफ बैंक ट्यांक र कुलिङ टावर: भित्रिने र बाहिरिने तापक्रम नाप्ने।

३.३.७ डेरी उद्योगमा सम्भावित ऊर्जा बचतका अवसरहरु

डेरी उद्योगहरुमा निम्न ऊर्जा बचतका अवसरहरु पाउन सकिन्छ:

Table 3.6: Energy conservation opportunities in dairy industries

क्र.सं.	ऊर्जा बचतका अवसरहरु	लगानीको प्रकार
१	विद्युत माग व्यवस्थापन	शून्य लागत
	विद्युतीय फेज सन्तुलन	
२	अधिकतम उज्यालोको लागि नियमित रुपमा बत्तीहरु सफा गर्ने	
३	बोइलर फर्नेसमा अतिरिक्त हावाको नियन्त्रण	
४	बोइलरमा कम ओसिलोपना भएको इन्धनको प्रयोग गर्ने	
५	प्रयोग नभएको बेला AC, पंखा र बत्तीहरु बन्द गर्ने बानी बसाल्ने	
६	दुधको भाँडा र क्रेट सफा गरेर बाष्प खेर नफाल्ने	
७	पावर फ्याक्टर सुधारको लागि APFC इकाईसंगै क्यापासिटर बैंकको जडान गर्ने	न्यून लागत
८	परम्परागत बत्तीहरुलाई LED द्वारा प्रतिस्थापन गर्ने	
९	पम्प र मोटरको लागि VFD जडान गर्ने	
१०	बोइलरको शरिर र बाष्प पाइपलाइनहरु, flanges र भाल्भहरुलाई इन्सुलेट गर्ने	
११	संघनित पुनर्लाभ प्रणाली जडान गर्ने	
१२	पुराना पम्प र मोटरलाई ऊर्जा दक्ष पम्प र मोटरद्वारा प्रतिस्थापन गर्ने	
१३	बोइलरमा इकोनोमाइजर जडान गर्ने	
१४	बोइलरमा नरम पानी राख्ने र ब्लो डाउन घटाउने	
१५	सोलार वाटर हिटर जडान गर्ने	अधिक लागत
१६	बरफ बैंक ट्याङकको इन्सुलेट गर्ने	
१७	तरल इन्धन बोइलरको बदलामा multifuel बोइलर जडान गर्ने	

३.४ नेपालमा चाउचाउ उत्पादन उद्योग

३.४.१ नेपालमा चाउचाउ उत्पादन

नेपाल तयारी चाउचाउको लागि एक आकर्षक बजार हो। युवा जनसंख्यामा बृद्धि, बढ्दो मध्यमवर्गीय परिवार संख्या र कामदार जनसंख्या नेपालमा तयारी चाउचाउ उद्योगको बृद्धि हुनुका मुख्य कारणहरु हुन्। नेपालमा यो बजार अझै परिपक्व भैसकेको छैन र यस बजारमा अझै ठूलो कार्यक्षेत्र बृद्धिको सम्भावना रहेको छ। नयाँ तयारी चाउचाउ उत्पादन कम्पनीहरु पनि बजारमा प्रवेश गरिरहेका छन्।

नेपालका चाउचाउ उद्योगहरुले सादा सेता चाउचाउ र तयारी चाउचाउहरु उत्पादन गरिरहेका छन्। यी उद्योगहरुले शाकाहरी र मांसाहारीको लागि पनि चाउचाउ उत्पादन गरिरहेका छन्। नेपालमा चाउचाउको आन्तरिक खपत उच्च छ त्यसैले सबै उत्पादनहरु स्थानीय तवरमै खपत भैरहेका छन्। कच्चा पदार्थहरुको आवश्यकता चाउचाउको प्रकार र गुणस्तर अनुसार विविध हुन्छ। आवश्यक मुख्य कच्चा पदार्थहरु देशभित्रै उपलब्ध छन्। नेपाली चाउचाउ उत्पादन उद्योगहरुले कच्चा पदार्थ र रसायनिक पदार्थको रुपमा गहुँको पिठो, पाल्म तेल, पाल्मोलिन, नुन, MSG, लसुनको धुलो, खुर्सानीको धुलो, भटमासको सस, चिकेन, गहुँको ग्लुटन र सुप paste को प्रयोग गर्दछन्।

CBS २०११/१२ को तथ्यांक अनुसार म्याकारोनी उत्पादन सहीत १६ चाउचाउ उत्पादन उद्योगहरु नेपालमा संचालित छन्। ३६५० भन्दा बढी कामदारहरु प्रत्यक्ष र अप्रत्यक्ष रुपमा यी उद्योगहरुमा कार्यरत छन्। नेपाली चाउचाउ उत्पादन उद्योगहरुले विद्युतलाई मुख्य ऊर्जाको श्रोतको रुपमा प्रयोग गर्दछन्। यद्यपि तापीय ऊर्जा उत्पादनको लागि धानको भुस, काठको धुलो र डिजेल पनि प्रयोग गरिन्छ।

३.४.२ ऊर्जा उपयोग र नेपाली चाउचाउ उत्पादन उद्योगहरुमा हुने निश्चित ऊर्जाको खपत

३.४.२.१ ऊर्जा उपयोग

चाउचाउ उत्पादन उद्योगलाई ऊर्जा गहन क्षेत्रका रुपमा मानिन्छ। उत्पादनलाई पकाउन, तार्न र प्याकिङ्ग गर्न मेशिन संचालनको लागि मुख्यतया विद्युतीय ऊर्जाको र पकाउन र तेल तताउन तापीय ऊर्जाको प्रयोग गरिन्छ। सबै चाउचाउ उत्पादन इकाईहरु बाष्प श्रृजना गर्नको लागि बोइलरद्वारा संचालित हुन्छन्। प्रायः सबै चाउचाउ उत्पादन इकाईहरुले धानको भुसलाई बोइलरको इन्धनको रुपमा प्रयोग गर्दछन्। चाउचाउ उत्पादन उद्योगमा मुख्य विद्युतीय ऊर्जा खपत हुने क्षेत्रमा पम्प, कन्भेयर, चाउचाउ बनाउने मेशिन र प्याकिङ्ग गर्ने मेशिनसंग सम्बन्धित विद्युतीय मोटरहरु हुन्। अन्य क्षेत्रहरुमा कम्प्रेसर र प्रकाश पर्दछन्। तापीय ऊर्जाको रुपमा बाष्पलाई मुख्यतया पकाउन र तेल तताउन प्रयोग गरिन्छ।

३.४.२.२ चाउचाउ उत्पादन क्षेत्रमा हुने निश्चित ऊर्जा खपत (SEC) (Specific Energy Consumption (SEC) in Noodles Making Sector)

यो निर्देशिका तयार गर्ने क्रममा गरिएको अध्ययन अनुसार नेपालका चाउचाउ उत्पादन क्षेत्रमा हुने निश्चित ऊर्जा खपतको परिमाण तल दिइएको छ। आँकडाहरु चारवटा चाउचाउ उत्पादन उद्योगहरुमा गरिएको ऊर्जा परिक्षणको आधारमा तयार पारिएको हो।

Table 3.7: Specific Energy Consumption in Noodles Making Sector

Specific Energy Consumption		
	Electrical, kWh/MT	**Thermal, GJ/MT**
WECS 2019/20	१३४.६	१२.३१
ESPS/DANIDA, Nepal[9]	२०१.५	१३.६४

३.४.३ साधारण प्रक्रियाको कार्यतालिका

चाउचाउ उत्पादन प्रक्रिया तल दिइएको छः

Input		Process		Waste
Wheat Flour Electricity Manpower	➜ ➜ ➜	**Screening/Shifting**	➜ ➜ ➜	Flour Extraneous matter Sacs
		↓		
Gluten Electricity Manpower	➜ ➜	**Dough Mixing/Kneading**	➜	Spillages Flour Dust Gluten
		↓		
Electricity	➜	**Feeding**	➜	Dough pieces
		↓		
Electricity	➜	**Dough Rolling**	➜	Dough Scraps
		↓		
Electricity Manpower	➜ ➜	**Dough Sheet Making**	➜	Dough Scraps
		↓		
Electricity Manpower	➜ ➜	**Slitting**	➜	Dough Scarps
		↓		
Steam Electricity	➜ ➜	**Steaming**	➜ ➜	Water vapor Heat
		↓		
Electricity	➜	**Cooling**	➜	Pieces of steamed Noodles

[9] ESPS/DANIDA, 2001 to 2005, Nepal

	➔			
		➔(↓)		
Electricity	➔	**Cutting/Folding**	➔	Steamed Noodles Pieces
		↓		
Seasoning Liquid	➔	**Seasoning**	➔	Left seasoning liquid
Electricity Manpower	➔		➔	Pieces of noodle
		↓		
Electricity	➔	**Drying**	➔	Steamed Noodle
			➔	Seasoning Liquid
Manpower	➔	**Moulding**	➔	Noodle pieces Seasoned liquid
		↓		
Electricity Manpower Hot palm Oil	➔ ➔ ➔	**Frying**	➔ ➔	Burnt noodle Palm oil
		↓		
Electricity	➔	**Cooling**	➔	Broken Noodles
		↓		
Electricity Manpower	➔ ➔	**Sorting /Conveying**	➔	Broken noodles
		↓		
Coded wrappers Manpower Electricity	➔ ➔ ➔	**Wrapping**	➔ ➔ ➔	Wrappers Seasonings Broken noodles
		↓		
Carton Box Tape Manpower	➔ ➔ ➔	**Packaging**	➔ ➔	Damaged Box Tapes
		↓		
		Final Products		

Figure 3.5: General process flow chart of Noodles Making

३.४.४ प्रक्रिया विवरण

पिठो मुछ्ने मेशिनमा गहुँको पिठो र पानी मिसाएर पिठो मुछिन्छ। मुछेको पिठोमा बाइन्डरको रुपमा थप फोस्फेट, गहुँको ग्लुटन र नुन मिसाइन्छ। यसलाई एकरुपको बनाउन र पिट्न रोलरहरुको श्रृंखलाबाट पठाइन्छ । उक्त पिटिएको मुछेको पिठोलाई घुम्ने थ्रेड रोलरबाट पठाएपछि चाउचाउ बन्ने, फोल्ड गरिने र चाहिएको आकारमा काटिने काम हुन्छ।

अघिल्लो प्रक्रियाबाट निकालिएका चाउचाउहरुलाई कन्भेयर पेटीको मद्दतले स्टिमिङ खण्डमा लगिन्छ। बोइलर खण्डबाट बाष्प आपूर्ति गराइन्छ। यो प्रक्रियामा कन्भेयर पेटीको तल रहेका टुटिहरुको

श्रृंखलाद्वारा १००°C मा बाष्पमा पकाइन्छ। बफाइएका चाउचाउहरुलाई कन्भेयर पिंजडामा राखी बाष्पद्वारा १७०°C मा तताइएको पाल्म तेलमा तारिन्छ जसलाई कन्भेयरको मद्दतले निरिक्षण टेबलमा लगिन्छ जहाँ विकृत चाउचाउहरुलाई हटाएर बाँकीलाई प्याकिङ्ग गर्ने र्यापरले पोको पारिन्छ।

३.४.५ चाउचाउ उत्पादन उद्योगमा उल्लेख्य ऊर्जा खपत हुने क्षेत्र तथा उपकरण

चाउचाउ उत्पादन उद्योगहरुले विद्युतीयका साथै तापीय ऊर्जाको पनि उपयोग गर्दछन्। निम्न क्षेत्र र उपकरणहरुले उल्लेख्य मात्रामा ऊर्जा खपत गर्दछन्:

- बोइलर र बाष्प वितरण;
- ताप एक्स्चेन्जर;
- फ्रायर;
- तेल पगाल्ने ;
- प्याकेजिङ;
- कम्प्रेसर र,
- डिजेल जेनेरेटर।

३.४.६ ऊर्जा परिक्षणका लागि नमुना संकलन तथा मापन

चाउचाउ उत्पादन उद्योगहरुमा विद्युतीय प्रणालीको ऊर्जा परिक्षणको लागि निम्न विद्युतीय प्यारामिटरहरुको मापन आवश्यक हुन्छ:

डाटा लगिङ: तीन चरणको डाटा लगरको मद्दतले मुख्य विद्युतीय प्यानलमा २४ घण्टा डाटा लगिङ गर्ने, यसले पावर फ्याक्टर, kW र kVA मा कुल भार, उच्चतम माग, भोल्टेज, करेन्ट, हार्मोनिक्स देखाउँछ।

भार मापनः सबै इन्डक्सन मोटरहरुको भार मापन handheld power analyzer को मद्दतले गर्ने, यसले kW, kVA, ampere र पावर फ्याक्टर देखाउँछ।

प्रकाशको भार मापनः Handheld power analyzer को मद्दतले मुख्य प्रकाश प्यानलमा भार मापन गर्ने।

प्रकाश सम्बन्धी विवरण: Wattages, बल्ने अवधि र जडान गरिएको स्थानसंगै बत्तीका किसिमहरुको संकलन गर्ने।

पम्पको भार मापनः कार्यक्षमता मुल्यांकनको लागि ऊर्जा खपत र हेड डिस्चार्ज मापन गर्ने।

हावा कम्प्रेसरः FAD जाँच संचालन गर्ने, वितरण प्रणालीमा चुहावटको पहिचान गर्ने।

डिजेल जेनेरेटरः प्रति लिटर इन्धनमा किलोवाट घण्टा उत्पादन गणना गर्ने।

चाउचाउ उत्पादन उद्योगहरुमा तापीय ऊर्जा परिक्षणको लागि निम्न प्यारामिटरहरुको मापन आवश्यक हुन्छः

बोइलरः

- **धुवाँको विश्लेषण**: अक्सिजन, कार्बन डाइअक्साइड, कार्बन मोनोअक्साइड, stack र वरपरको तापक्रम मापन गर्ने।
- **सतहको ताप चुहावट मापनः** बोइलर भाँडा र बाष्प पाइपलाइनहरुको सतहको तापक्रम मापन गर्ने।
- **फीड वाटर विश्लेषण**: pH, TDS, कडापन र तापक्रम मापन गर्ने।
- **ब्लो डाउन पानीको विश्लेषण**: pH & TDS मापन गर्ने।
- **इकोनोमाइजर र हावा प्रिहिटर**: भित्र जाने र बाहिर निस्कने पानी र हावाको तापक्रम मापन गर्ने।

HVAC: भित्र जाने र बाहिर निस्कने तापक्रम, बहाव दर, क्षेत्र र COP को लागि विद्युतीय भार नाप्ने र कार्यक्षमता मुल्यांकन गर्ने।

ताप एक्स्चेन्जरः भित्रिने र बाहिरिने तापक्रम नाप्ने।

३.४.७ चाउचाउ उत्पादन उद्योगहरुमा सम्भावित ऊर्जा बचतका अवसरहरु

चाउचाउ उत्पादन उद्योगहरुमा निम्न ऊर्जा बचत अवसरहरु पत्ता लगाउन सकिन्छः

Table 3.8: Energy conservation opportunities in noodles making industries

क्र.सं.	ऊर्जा बचतका अवसरहरु	लगानीको प्रकार
१	विद्युत माग व्यवस्थापन	शून्य लागत
२	विद्युतीय Phase सन्तुलन	
३	बोइलरमा अतिरिक्त हावा नियन्त्रण	
४	बोइलरमा कम ओसिलोपना भएको इन्धन प्रयोग गर्ने	
५	अधिकतम उज्यालोको लागि नियमित रुपमा बत्तीहरु सफा गर्ने	
६	ताप एक्स्चेन्जरको नियमित सफाई गर्ने	
७	कम्प्रेसरमा FAD परिक्षण गर्ने	
८	बाष्प trap को नियमित जाँच गर्ने	
९	APFC इकाईहरुसंगै क्यापासिटर बैंकको जडानद्वारा पावर फ्याक्टर सुधार गर्ने	न्यून लागत
७	परम्परागत बत्तीहरुलाई LED द्वारा प्रतिस्थापन गर्ने	
८	पम्प र मोटरको लागि VFD जडान गर्ने	
९	नाङ्गा बाष्प पाइपलाइनहरु, flanges र भाल्भलाई इन्सुलेट गर्ने	
१०	संघनित पुनर्लाभ प्रणाली जडान गर्ने	

क्र.सं.	ऊर्जा बचतका अवसरहरु	लगानीको प्रकार
११	पुराना पम्प र मोटरलाई ऊर्जा दक्ष पम्प र मोटरद्वारा प्रतिस्थापन गर्ने	
१२	नांगा पाइपहरु र फिटिङहरुलाई इन्सुलेसन गर्ने	
१३	बोइलरमा इकोनोमाइजर र हावा प्रिहिटर जडान गर्ने	
१५	फ्रायरको तेल तताउने पुरानो ताप एक्स्चेन्जरलाई ऊर्जा दक्ष ताप एक्स्चेन्जरद्वारा प्रतिस्थापन गर्ने	अधिक लागत
१६	बोइलरमा स्वचालित इन्धन हाल्ने प्रणाली जडान गर्ने	

३.५ अल्कोहलमुक्त पेयपदार्थ उद्योग

३.५.१ नेपालमा अल्कोहलमुक्त पेयपदार्थ

नेपालको पहिलो अल्कोहलमुक्त पेयपदार्थ उत्पादक कम्पनी बोट्लर्स नेपालले हल्का पेयपदार्थको उत्पादन सन् १९७९ देखि शुरु गर्यो । अल्कोहलमुक्त पेयपदार्थ उद्योगमा बोतलको पानी, कार्बोनेटेड सफ्ट ड्रिङ्कस, शक्तिदायक पेयपदार्थ, फलजन्य पेयपदार्थ, तयारी अवस्थाका चिया र कफी, खेल पेयपदार्थ र गुणस्तर अभिवृद्धि गरिएका पानी जस्ता तरल पेयपदार्थ उद्योगहरु पर्दछन्। नेपालमा संचालित प्रायः अल्कोहलमुक्त पेयपदार्थ उद्योगहरु बहुराष्ट्रिय कम्पनीहरु हुन्। प्रायः स्थापित अन्तर्राष्ट्रिय ब्राण्डहरुले अल्कोहलमुक्त पेयपदार्थ नेपालमा बोतल भर्ने गर्दछन्।

CBS २०११/१२ को तथ्यांक अनुसार खनिज पानी उत्पादनसहित ५४ अल्कोहलमुक्त पेयपदार्थ उद्योगहरु नेपालमा संचालित छन्। ३९०७ भन्दा बढी कामदारहरु प्रत्यक्ष र अप्रत्यक्ष रुपमा यी उद्योगहरुमा कार्यरत छन्।

३.५.२ ऊर्जा उपयोग र नेपाली अल्कोहलमुक्त पेयपदार्थ उद्योगमा हुने निश्चित ऊर्जा खपत

३.५.२.१ ऊर्जा उपयोग

अल्कोहलमुक्त पेयपदार्थ उद्योगलाई ऊर्जा गहन क्षेत्रका रुपमा मानिन्छ। पेयपदार्थ उत्पादनको लागि संचालन हुने मेशिनमा विद्युत र सफाई तथा HVAC प्रणालीको लागि तापीय ऊर्जा प्रयोग हुन्छ। सबै कोला उत्पादन इकाईहरु बाष्प उत्पादनको लागि बोइलरबाट संचालन हुन्छन्। प्रायः सबै कोला उत्पादन इकाईहरुले बोइलरको लागि इन्धनको रुपमा डिजेल र FO को प्रयोग गर्दछन्। अल्कोहलमुक्त पेयपदार्थ उद्योगमा मुख्य विद्युतीय ऊर्जा खपत हुने क्षेत्रमा पम्प, सफाई मेशिन, कन्भेयर, भर्ने मेशिन, रेफ्रिजेरेसन, HVAC र भ्याकुम पम्पसंग सम्बन्धित विद्युतीय मोटरहरु हुन्। अन्य क्षेत्रहरुमा कम्प्रेसर र बत्तीहरु पर्दछन्। बाष्पको रुपमा तापीय ऊर्जा मुख्यतया बोतलहरुको सरसफाई र HVAC प्रणालीमा प्रयोग हुन्छ।

३.५.२.२ अल्कोहलमुक्त पेयपदार्थ क्षेत्रमा हुने निश्चित ऊर्जा खपत (SEC) (Specific Energy Consumption (SEC) in Non-Alcoholic Beverage Sector)

यो निर्देशिका तयार गर्ने क्रममा गरिएको अध्ययन अनुसार नेपालका अल्कोहलमुक्त पेयपदार्थ क्षेत्रमा हुने निश्चित ऊर्जा खपतको परिमाण तल दिइएको छ। आँकडाहरु दुइवटा अल्कोहलमुक्त पेयपदार्थ उद्योगहरुमा गरिएको ऊर्जा परिक्षणको आधारमा तयार पारिएको हो।

Table 3.9: Specific Energy Consumption in Non-Alcoholic Beverage

Specific Energy Consumption		
Description	**Electrical, kWh/KL**	**Thermal, GJ/KL**
WECS 2019/20	८५.२२	२.२९
ESPS/DANIDA, Nepal[10]	९९.५	३.११

३.५.३ साधारण प्रक्रियाको कार्यतालिका

विभिन्न अल्कोहलमुक्त पेयपदार्थका उत्पादन प्रक्रियाहरु उत्पादित वस्तु अनुसार फरक हुन्छन्। कोला उत्पादनको साधारण कार्यतालिका तल दिइएको छ।

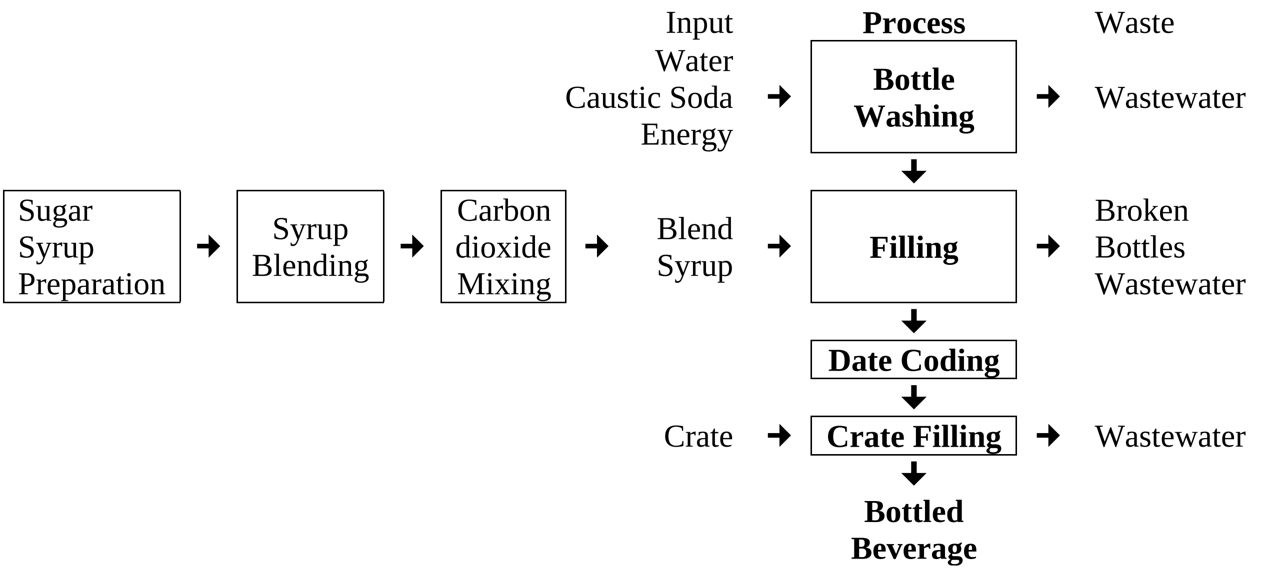


Figure 3.6: General Flowchart Cola Product Production

३.५.४ प्रक्रिया विवरण

फिर्ता भएका सबै क्रेटसहितका बोतलहरु गोदाममा जम्मा गरे पश्चात् त्यसलाई फोर्कलिफ्टको मद्दतले कारखानामा लगिन्छ र क्रेटसंगै बोतलहरु कन्भेयरमा पुग्दछन्। सबै बोतलहरुलाई क्रेटबाट निकालेर अर्को प्रक्रियाको लागि छुट्टै कन्भेयरमा लगिन्छ। सबै बोतलहरुलाई बोतल सफा गर्ने मेशिनमा राखिन्छ

---

[10] ESPS/DANIDA, 2001 to 2005, Nepal

जसको रसायनिक खण्डमा बढीमा ८०°C को तापक्रममा ४ kg/cm² चापमा बाष्पलाई प्रवाह गरिन्छ। आधारभूत् रुपमा बोतल सफा गर्ने मेशिनमा प्रिहिट खण्ड, रसायनिक खण्ड, हाइड्रा क्षेत्र, पखाल्ने र निष्कासन गर्ने खण्डहरु हुन्छन्। बोतल सफा गरे पश्चात् सबै बोतलहरुलाई कन्भेयरको मद्दतले भर्ने हलमा लगेर भराईको काम गरिन्छ। भरिएका बोतलहरु मानवश्रोतद्वारा प्रकाश र कन्भेयरले जाँच गरी गुणस्तरीय बोतलहरुलाई मात्र थप प्रक्रियाको लागि अघि बढाएर काम नलाग्ने बोतलहरुलाई अस्वीकार गरिन्छ।

कन्सन्ट्रेट, RO पानी र चिनीको घोलबाट सिरप बनाइन्छ। तयार सिरपलाई ग्लाइकोलसंग चिस्याइन्छ। चिस्याइएको सिरपलाई त्यसपछि तोकिएको बिन्दुसम्म बोतलमा भरिन्छ। तरल कार्बन डाइअक्साइडको प्रयोगले तयारी अवस्थाको सिरपलाई कार्बनिकरण गरिन्छ। सबै भरिएका बोतलहरुलाई मानवश्रोत प्रयोग गरेर प्रकाश र कन्भेयरले जाँच गरिन्छ र गुणस्तरीय बोतलहरुलाई मात्र थप प्रक्रियाको लागि अघि बढाइन्छ। त्यसपछि सबै बोतलहरुलाई क्रेटमा भरेर बजार र गोदामहरुमा ढुवानी गरिन्छ।

३.५.५ अल्कोहलमुक्त पेयपदार्थ उद्योगमा उल्लेख्य ऊर्जा खपत हुने क्षेत्र तथा उपकरण

निम्न क्षेत्र र उपकरणहरुले उल्लेख्य ऊर्जा खपत गर्दछन्:

- बोइलर र बाष्प वितरण;
- कम्प्रेसर;
- प्रकाश;
- पानी प्रशोधन केन्द्र;
- कुलिङ टावर;
- चिस्याउने यन्त्र र
- डिजेल जेनेरेटर।

३.५.६ ऊर्जा परिक्षणको लागि नमुना संकलन तथा मापन

अल्कोहलमुक्त पेयपदार्थ उद्योगमा विद्युतीय ऊर्जा परिक्षणको लागि निम्न विद्युतीय प्यारामिटरहरुको मापन आवश्यक हुन्छः

डाटा लगिङः तीन चरणको डाटा लगरको मद्दतले मुख्य विद्युतीय प्यानलमा २४ घण्टा डाटा लगिङ गर्ने, यसले पावर फ्याक्टर, kW र kVA मा कुल भार, उच्चतम माग, भोल्टेज, करेन्ट, हार्मोनिक्स देखाउँछ।

भार मापनः सबै इन्डक्सन मोटरहरुको भार मापन handheld power analyzer को मद्दतले गर्ने, यसले kW, kVA, ampere र पावर फ्याक्टर देखाउँछ।

प्रकाशको भार मापनः Handheld power analyzer को मद्दतले मुख्य प्रकाश प्यानलमा भार मापन गर्ने।

प्रकाश सम्बन्धी विवरणः Wattages, वल्ने अवधि र जडान गरिएको स्थानसंगै बत्तीका किसिमहरुको संकलन गर्ने।

पम्पको भार मापनः कार्यक्षमता मुल्यांकनको लागि ऊर्जा खपत र हेड डिस्चार्ज मापन गर्ने।;

हावा कम्प्रेसरः FAD जाँच संचालन गर्ने, वितरण प्रणालीमा चुहावटको पहिचान गर्ने।

डिजेल जेनेरेटरः प्रति लिटर इन्धनमा किलोवाट घण्टा उत्पादन गणना गर्ने।

अल्कोहलमुक्त पेयपदार्थ उद्योगमा तापीय ऊर्जा परिक्षणको लागि निम्न प्यारामिटरहरुको मापन आवश्यक पर्दछः

बोइलरः

- **धुवाँको विश्लेषण**: अक्सिजन, कार्बन डाइअक्साइड, कार्बन मोनोअक्साइड, stack र वरपरको तापक्रम मापन गर्ने।
- **सतहको ताप चुहावट मापनः** बोइलर भाँडा र बाष्प पाइपलाइनहरुको सतहको तापक्रम मापन गर्ने।
- **फीड वाटर विश्लेषण**: pH, TDS, कडापन र तापक्रम मापन गर्ने।
- **ब्लो डाउन पानीको विश्लेषण**: pH & TDS मापन गर्ने।
- **इकोनोमाइजर र हावा प्रिहिटर**: भित्र जाने र बाहिर निस्कने पानी र हावाको तापक्रम मापन गर्ने।

HVAC: भित्र जाने र बाहिर निस्कने तापक्रम, बहाव दर, क्षेत्र र COP को लागि विद्युतीय भार नाप्ने र कार्यक्षमता मुल्यांकन गर्ने।

ताप एक्स्चेन्जरः भित्रिने र बाहिरिने तापक्रम नाप्ने।

कुलिङ टावरः भित्रिने र बाहिरिने तापक्रम नाप्ने।

३.५.७ अल्कोहलमुक्त पेयपदार्थ उद्योगमा सम्भावित ऊर्जा बचतका अवसरहरु

अल्कोहलमुक्त पेयपदार्थ उद्योगमा निम्न ऊर्जा बचत अवसरहरु पत्ता लगाउन सकिन्छः

Table 3.10: Energy conservation opportunites in non-alcoholic beverages

क्र.सं.	ऊर्जा बचतका अवसरहरु	लगानीको प्रकार
१	विद्युत माग व्यवस्थापन	शून्य लागत
२	बोइलरमा अतिरिक्त हावा नियन्त्रण	
३	कुलिङ टावरको नियमित सरसफाई	
४	कम्प्रेसरको नियमित FAD	
५	सबै प्रेसर गज र तापक्रम सचेतकहरु क्यालिब्रेट गर्ने	
६	बोतल वासरमा सबै क्षेत्रका तापक्रमहरु अनुकुलन गर्ने	
७	भार नभएको अवस्थामा कन्भेयर नचलाउने	

क्र.सं.	ऊर्जा बचतका अवसरहरु	लगानीको प्रकार
८	APFC इकाईहरुसंगै क्यापासिटर बैंकको जडानद्वारा पावर फ्याक्टर सुधार गर्ने	न्यून लागत
९	परम्परागत बत्तीहरुलाई LED द्वारा प्रतिस्थापन गर्ने	
१०	ट्रांसफर्मरमा On load tap changer जडान गर्ने	
११	पम्प र मोटरको लागि VFD जडान गर्ने	
१२	नांगा बाष्प पाइपहरु र फिटिङहरुलाई इन्सुलेसन गर्ने	
१३	बोइलरमा इकोनोमाइजर जडान गर्ने	
१४	चिसो लाइनहरुमा इन्सुलेसन मर्मत र जडान गर्ने	
१५	बोतल वासरमा इन्सुलेसन जडान गर्ने	
१६	संघनित पुनर्लाभ प्रणाली जडान गर्ने	
१७	तरल इन्धन प्रयोग हुने बोइलरलाई बायोमास वा ब्रिकेट प्रयोग हुने बोइलरद्वारा प्रतिस्थापन गर्ने	अधिक लागत
१८	साधारण इन्डक्सन मोटरलाई ऊर्जा दक्ष मोटरद्वारा प्रतिस्थापन गर्ने	

३.६ पल्प र कागज उद्योग

३.६.१ नेपालमा पल्प र कागज निर्माण उद्योग

पल्प र पेपर उद्योगले नेपालमा आफ्नो उत्पादनको चार दशक भन्दा बढी अवधि पूरा गरेको छ। त्यस अघि लेख्ने र छाप्ने कागजको आवश्यकता भारतीय कागज उद्योगहरुले पूरा गर्दथे। नेपाली हातेकागज उद्योगहरु पनि नेपालमा लोकप्रिय छन् तर यसको उत्पादन प्रति वर्ष केही टनमात्र हुन्छ र यो सजावटमामात्र प्रयोग हुन्छ र यो घरेलु उद्योग क्षेत्रमा पर्दछ। CBS २०११/१२ का अनुसार नेपालमा १५ पल्प र कागज उद्योगहरु संचालनमा छन्।

हाल पल्प र पेपर उद्योगहरुले मुख्यतया सेतो (ब्लिच गरिएका लेख्ने र छाप्ने र समाचार छाप्ने कागज) र खैरो (ब्लिच नगरिएका kraft कागज) गरी दुई किसिमका कागजहरु उत्पादन गरिरहेका छन्। खेर गएका कागज र बायोमास नेपालका कागज उद्योगका प्रमुख कच्चा पदार्थहरु हुन्। अन्तर्राष्ट्रिय प्रतिस्पर्धाको कारणले नेपाली उद्योगहरुले बायोमासको खपत घटाई खेर गएका कागजमा बढी केन्द्रित भएका छन्।

कागज निर्माण गर्ने उद्योग अधिक ऊर्जा खपत गर्ने उद्योग हो। कालो तरलको रुपमा पल्पिङबाट र सेतो तरलको रुपाम ब्लिचिङबाट निस्कने फोहोर पानी कागज उद्योगका मुख्य वातावरणीय चासोहरु

हुन्। यी उद्योगहरुले उच्च परिमाणमा बाष्पको खपत गर्दछन् जुन मुख्य इन्धनको रुपमा भुसको प्रयोग हुने बोइलरबाट उत्पादन हुन्छ।

३.६.२ ऊर्जा उपयोग र नेपाली पल्प तथा कागज उद्योगमा हुने निश्चित ऊर्जा खपत

३.६.२.१ ऊर्जा उपयोग

कागज उत्पादनको लागि प्रयोग हुने मुख्य ऊर्जामा मेशिन संचालनको लागि विद्युतीय ऊर्जा र कच्चा पदार्थ पकाउनको लागि तापीय ऊर्जा हो जुन जैविक पिण्डबाट ब्युत्पन्न गरिन्छ। सबै पल्प र पेपर इकाईहरु बाष्प उत्पन्न गर्ने बोइलरबाट संचालित हुन्छन्। प्रायजसो पल्प र पेपर इकाईहरुले धानको भुसलाई बोइलरको इन्धनको रुपमा प्रयोग गर्दछन्। पल्प र पेपर उद्योगमा पम्प, एजिटेटर, पेपर मेशिन र भ्याकुम पम्पसंग सम्बन्धित विद्युतीय मेशिनहरु विद्युतीय ऊर्जा खपत हुने मुख्य क्षेत्र हुन्। अन्य क्षेत्रमा कम्प्रेसर र बत्तीहरु पर्दछन्। तापीय ऊर्जाको रुपमा बाष्प मुख्यतया कच्चा पदार्थहरु डाइजेस्टरमा पकाउन र पेपर मेशिनबाट निस्कने कागज सुकाउन प्रयोग गरिन्छ।

३.६.२.२ पल्प र कागज क्षेत्रमा हुने निश्चित ऊर्जा खपत (SEC) (Specific Energy Consumption (SEC) in Pulp and Paper Sector)

यो निर्देशिका तयार गर्ने क्रममा गरिएको अध्ययन अनुसार नेपालका पल्प र पेपर क्षेत्रमा हुने निश्चित ऊर्जा खपतको परिमाण तल दिइएको छ। आँकडाहरु चारवटा पल्प र पेपर उद्योगहरुमा गरिएको ऊर्जा परिक्षणको आधारमा तयार पारिएको हो।

Table 3.11: Specific Energy Consumption in Pulp and Paper

Specific Energy Consumption		
Description	**Electrical, kWh/MT**	**Thermal, GJ/MT**
WECS 2019/20	८७९.३	१७.४९
EEC, 2015 Nepal[11]	९३७	१५.४३४
ESPS/DANIDA[12]	९६७	१९.४३
India[13]	-	२.२५ to ३.०

३.६.३ साधारण प्रक्रियाको कार्यतालिका

उत्पादनको किसिम अनुसार पल्प र कागजको उत्पादन प्रक्रिया विविध हुन्छ। पल्प र कागज उत्पादनको साधारण कार्यतालिका तल दिइएको छ।

[11] EEC/FNCCI, 2005
[12] ESPS/DANIDA, 2001 to 2005, Nepal
[13] BEE, India

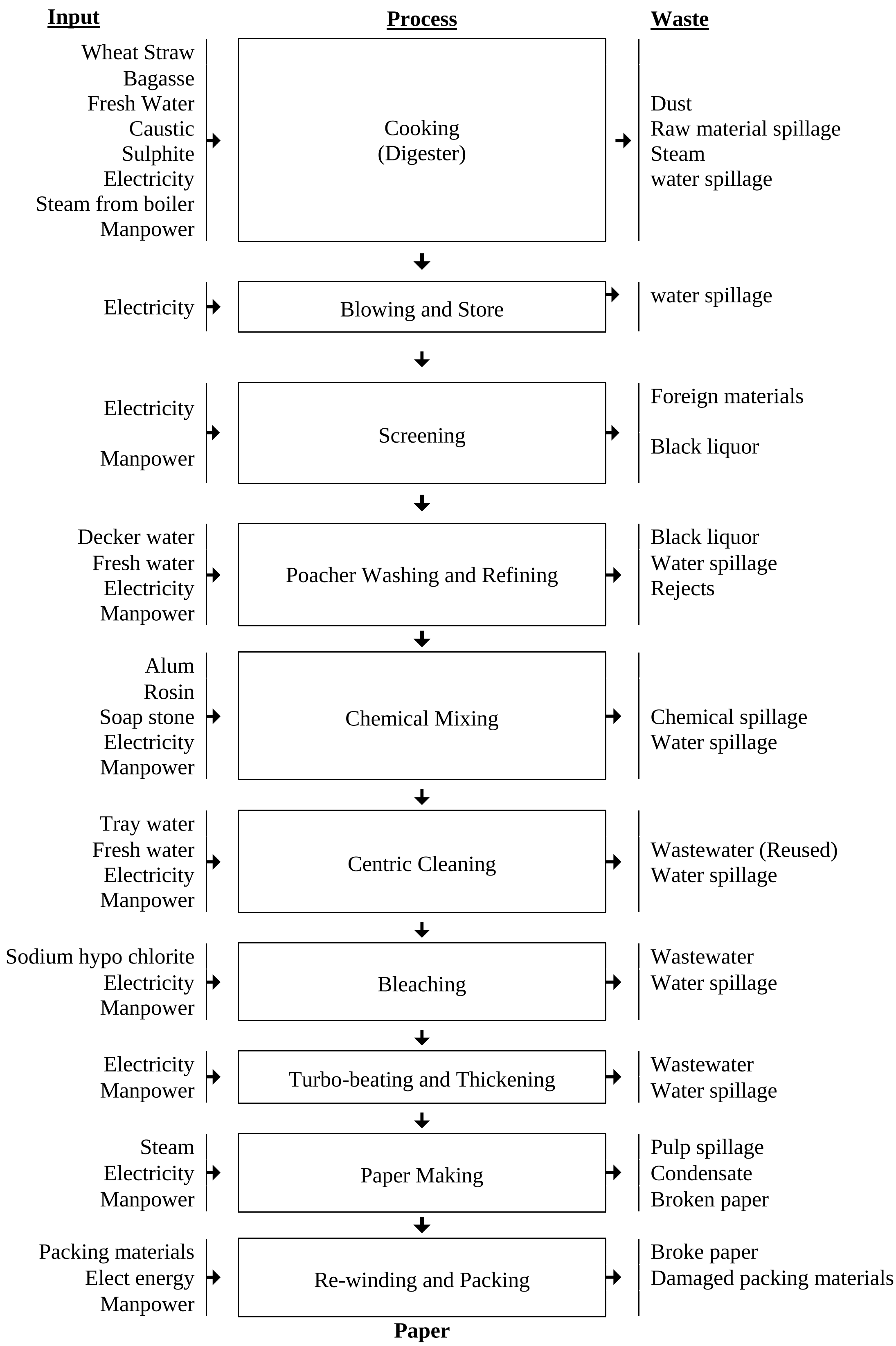


Figure 3.7: General process flow chart of Pulp and Paper

३.६.४ प्रक्रिया विवरण

कच्चा पदार्थ ढुवानी तथा भण्डारण

पल्प र पेपर उद्योगमा प्रयोग हुने मुख्य कच्चा पदार्थ बगास हो। यो बाहेक स्थानीय र आयातित खेर गएका कागजहरु पनि कच्चा पदार्थको रुपमा प्रयोग गरिन्छ। यद्यपि खेर गएका कागजहरुको प्रक्रिया हाइड्रो-पल्पिङबाट शुरु गरिन्छ।

पल्पिङ

बगासलाई डाइजेस्टर नाम भएको चापयुक्त भाँडामा पकाइन्छ। लगभग १२-१६% सोडियम सल्फाइट भाँडामा राखिएको कच्चा पदार्थमा थपिन्छ र ९०-९५°C को तापक्रममा १० m^3 पानी प्रति टन कच्चा पदार्थमा पुनः थपिन्छ। उक्त मिश्रणलाई करिव ५ घण्टासम्म ७-kg/cm^2 को बाष्प चापमा पकाइन्छ।

डाइजेस्टरलाई अन्दाजी ०.४ rpm मा घुमाइन्छ। सामान्यतया delignification को लागि धेरै समयसम्मको लागि १७० देखि १७६°C (३३८ देखि ३४९°F) तापक्रम आवश्यक हुन्छ। यस अवस्थाहरुमा lignin र hemicellulose कमलो भई खण्ड- खण्डमा रुपान्तरण हुन जान्छ जुन strong basic solution मा घुल्दछ।

ब्लोइङ

पकाइएको बगास र गहुँको छवालीलाई ब्लो ट्यांक नाम भएको जम्मा गर्ने ट्यांकीमा पठाइन्छ जुन वातावरणीय चापमा संचालन हुन्छ। यसले ठूलो मात्रामा बाष्प र अस्थिर वस्तुहरु निष्कासन गर्दछ।

स्क्रिनिङ

पल्पको स्क्रिनिङ यस्तो प्रक्रिया हो जसमा पल्पलाई ठूला टुक्राहरु, गाँठा, फोहोर र अन्य भग्नावशेषहरुबाट छुट्ट्याइन्छ। स्वीकार गरिएको पिण्ड नै पल्प हो। पल्पबाट छुट्ट्याइएका वस्तुहरुलाई रिजेक्ट भनिन्छ। स्क्रिनिङ खण्डमा विभिन्न प्रकारका चाल्नाहरु (स्क्रिन) र centrifugal सफाई समावेश हुन्छन्। चाल्नाहरु सामान्यतया बहुचरणीय केस्केड संचालन जस्तै सेट गरिएका हुन्छन् किनकि स्वीकार गरिने बहावमा उच्चतम शुद्धता प्राप्त गर्न कोशिश गर्दा उल्लेख्य परिमाणका असल रेशाहरु रिजेक्ट धारातर्फ जान सक्दछन्। रेशाहरु भएका टुक्रा र गाँठाहरु बाँकी रिजेक्टहरुबाट छुट्ट्याइन्छ र रिफाइनरमा पुनःप्रक्रियाको लागि लगिन्छ वा पुनः डाइजेस्टरमै पठाइन्छ।

धुलाई

ब्लोइङबाट निस्केको खैरो पदार्थ धुलाई चरणमा जान्छ जहाँ प्रयोग भैसकेका पकाउने तरलहरु सेलुलोज रेशाहरुबाट छुट्टाइन्छ। सामान्यतया पल्प मिलमा क्रमिक रुपमा ३-५ धुलाईका चरणहरु हुन्छन्। Pulp washer हरुले चरण (stage) हरुको बीचमा प्रतिप्रवाह बहाव (counter flow)को प्रयोग गर्दछन् जसले गर्दा पल्प धुलाई गर्ने पानीको बहावको उल्टो दिशातिर चल्दछन्। विभिन्न प्रक्रियाहरु जस्तैः मोटो पार्ने/ कमजोर पार्ने, विस्थापन र प्रसार समावेश हुन्छन्।

ब्लिचिङ

यदि पल्पलाई सेतो कागज बनाउन प्रयोग गर्ने हो भने यसलाई ब्लिच गर्नै पर्दछ। ब्लिचिङको उद्देश्य सेलुलोजमा गिरावट नल्याई पल्पको सेतोपना कायाम राखु हो। कुनै स्तरका कागजहरुलाई ब्लिच गर्नु आवश्यक नै हुँदैन (जस्तैः खुम्च्याइएका कार्डबोर्ड बाकसहरु) भने अन्य केहीलाई (समाचार छापिने) हल्का मात्र ब्लिचिङ गरिन्छ। उत्तम स्तरका छाप्ने र लेख्ने कागजहरुमा ब्लिचिङ आवश्यक हुन्छ। प्रायः सबैजसो ब्लिचिङ क्लोरिन वा क्लोरिन कम्पाउन्डले गरिन्छ जस कारण निस्कने फोहोर पानी ठूलो मात्रामा रसायनयुक्त हुन्छ। साथै ब्लिचिङ एउटा ऊर्जा गहन प्रक्रिया हो र यसले कागज उत्पादनको ऊर्जा गहनतामा लगभग २०% ले बृद्धि गर्छ।

स्टक तयारी

पोचर र डेकरको स्टकलाई भण्डारमा र एलम र रोजिन थप गरेर निश्चित आकार दिन रसायनिक सन्दुकमा ढुवानी गरिन्छ। अन्तिम भण्डारण सन्दुकबाट उक्त स्टक सिलिका र अन्य अनिच्छित वस्तुहरु हटाउन सेन्ट्रिक्लिनर भएर जान्छ। सफा गरिएको पल्प स्टक, स्टक नियमन बाकसमा बगेर जान्छ जहाँ पल्पको आवश्यक घनत्व समायोजन गर्नको लागि फ्यान पम्पमा पुनःप्रयोगयोग्य ब्याक वाटरसंग यसलाई मिसाइन्छ।

कागज निर्माण

पातलो पारिएको स्टकलाई हेड बाकसमा खन्याइन्छ र पेपर मेशिनको तार भएको भागमा पठाइन्छ जहाँ रेशाहरुले उक्त तारमा एकरुपको तह बनाउँछ। पानी तारबाट बाहिर निस्किन्छ र पिँधमा जम्मा हुन्छ। उक्त भिजेको कागजलाई यान्त्रिक रुपमा सक्सन टप भ्याकुम र थिच्ने औजार प्रयोग गरेर दुई चरणमा निचोरिन्छ। बाँकी रहेको ओसिलोपनालाई तापीय ऊर्जाको प्रयोगले MG drier cylinder मा सुकाइन्छ। सुकेको कागजलाई रिलमा बेरेर रोल बनाइन्छ।

Re-winding खण्ड

कागजका रोलहरुलाई आवश्यक चौडाई अनुसार काटेर बेरिन्छ। गुणस्तर जाँच पश्चात रोलहरुलाई पोको पारेर/ बाँधेर प्रेषणको लागि भण्डारण गरिन्छ।

३.६.५ पल्प र कागज उद्योगमा उल्लेख्य ऊर्जा खपत हुने क्षेत्र तथा उपकरण

निम्न क्षेत्र तथा उपकरणहरुले उल्लेख्य ऊर्जा खपत गर्दछन्:

- बोइलर र बाष्प वितरण;
- इन्डक्सन मोटर;
- कम्प्रेसर;
- डाइजेस्टर;
- कागज मिल र,
- डिजेल जेनेरेटर।

३.६.६ ऊर्जा परिक्षणको लागि नमुना संकलन तथा मापन

पल्प र कागज उद्योगको विद्युतीय प्रणालीको ऊर्जा परिक्षणको लागि निम्न विद्युतीय प्यारामिटरहरुको मापन आवश्यक हुन्छ:

डाटा लगिङः तीन चरणको डाटा लगरको मद्दतले मुख्य विद्युतीय प्यानलमा २४ घण्टा डाटा लगिङ गर्ने, यसले पावर फ्याक्टर, kW र kVA मा कुल भार, उच्चतम माग, भोल्टेज, करेन्ट, हार्मोनिक्स देखाउँछ।

भार मापनः सबै इन्डक्सन मोटरहरुको भार मापन handheld power analyzer को मद्दतले गर्ने, यसले kW, kVA, ampere र पावर फ्याक्टर देखाउँछ।

प्रकाशको भार मापनः Handheld power analyzer को मद्दतले मुख्य प्रकाश प्यानलमा भार मापन गर्ने।

प्रकाश सम्बन्धी विवरणः Wattages, वल्ने अवधि र जडान गरिएको स्थानसंगै बत्तीका किसिमहरुको संकलन गर्ने।

पम्पको भार मापनः कार्यक्षमता मुल्यांकनको लागि ऊर्जा खपत र हेड डिस्चार्ज मापन गर्ने।

हावा कम्प्रेसरः FAD जाँच संचालन गर्ने, वितरण प्रणालीमा चुहावटको पहिचान गर्ने।

डिजेल जेनेरेटरः प्रति लिटर इन्धनमा किलोवाट घण्टा उत्पादन गणना गर्ने।

पल्प र कागज उद्योगको तापीय प्रणालीको ऊर्जा परिक्षणको लागि निम्न प्यारामिटरहरुको मापन आवश्यक हुन्छ:

बोइलरः

- **धुवाँको विश्लेषण**: अक्सिजन, कार्बन डाइअक्साइड, कार्बन मोनोअक्साइड, stack र वरपरको तापक्रम मापन गर्ने।
- **सतहको ताप चुहावट मापनः** बोइलर भाँडा र बाष्प पाइपलाइनहरुको सतहको तापक्रम मापन गर्ने।
- **फीड वाटर विश्लेषण**: pH, TDS, कडापन र तापक्रम मापन गर्ने।
- **ब्लो डाउन पानीको विश्लेषण**: pH & TDS मापन गर्ने।
- **इकोनोमाइजर र हावा प्रिहिटर**: भित्र जाने र बाहिर निस्कने पानी र हावाको तापक्रम मापन गर्ने।

३.६.७ पल्प र कागज उद्योगमा सम्भावित ऊर्जा बचतका अवसरहरु

पल्प र कागज उद्योगहरुमा निम्न ऊर्जा बचतका अवसरहरु पत्ता लगाउन सकिन्छः

Table 3.12: Energy conservation opportunity in pulp and paper industries

क्र.सं.	ऊर्जा बचत अवसरहरु	लगानीको प्रकार
१	विद्युत माग व्यवस्थापन	शून्य लागत

<table>
<tr><th>क्र.सं.</th><th>ऊर्जा बचत अवसरहरु</th><th>लगानीको प्रकार</th></tr>
<tr><td>२</td><td>बोइलरमा अतिरिक्त हावा नियन्त्रण</td><td rowspan="4"></td></tr>
<tr><td>३</td><td>बोइलरमा कम ओसिलोपना भएको इन्धन प्रयोग गर्ने</td></tr>
<tr><td>४</td><td>प्रकाशका श्रोतहरुको नियमित सफाई गर्ने</td></tr>
<tr><td>५</td><td>सबै ताप एक्स्चेन्जरहरुको नियमित सफाई गर्ने</td></tr>
<tr><td>६</td><td>APFC इकाईहरुसंगै क्यापासिटर बैंकको जडानद्वारा पावर फ्याक्टर सुधार गर्ने</td><td rowspan="7">न्यून लागत</td></tr>
<tr><td>७</td><td>परम्परागत बत्तीहरुलाई LED द्वारा प्रतिस्थापन गर्ने</td></tr>
<tr><td>८</td><td>भ्याकुम पम्प, एजिटेटर र मोटरको लागि VFD जडान गर्ने</td></tr>
<tr><td>९</td><td>पुराना पम्प र मोटरलाई ऊर्जा दक्ष पम्प र मोटरद्वारा प्रतिस्थापन गर्ने</td></tr>
<tr><td>१०</td><td>नांगा बाष्प पाइपहरु र फिटिङहरुलाई इन्सुलेसन गर्ने</td></tr>
<tr><td>११</td><td>बोइलरमा इकोनोमाइजर र हावा प्रिहिटर जडान गर्ने</td></tr>
<tr><td>१२</td><td>ट्रांसफर्मरमा On load tap changer जडान गर्ने</td></tr>
<tr><td>१४</td><td>पुराना कम्प्रेसरलाई नयाँ र ऊर्जा दक्ष कम्प्रेसरद्वारा प्रतिस्थापन गर्ने</td><td rowspan="3">अधिक लागत</td></tr>
<tr><td>१५</td><td>संघनित पुनर्लाभ प्रणाली जडान गर्ने</td></tr>
<tr><td>१६</td><td>सुपर हिटर जडान गर्ने</td></tr>
</table>

३.७ स्टिल रि-रोलिङ मिल

३.७.१ नेपालमा स्टिल रि-रोलिङ मिल

स्टिल रि-रोलिङ स्टिल उद्योगको एक महत्वपूर्ण हिस्सा हो। स्टिल रि-रोलिङ गर्ने कार्य मुख्यतया स्टिल रि-रोलिङ मिलहरुमा हुन्छ जसलाई नेपालमा मझौला तथा ठूला उद्यमको रुपमा लिइन्छ। केन्द्रीय तथ्यांक विभाग (CBS, २०११/१२) का अनुसार आधारभूत फलाम तथा स्टिल उद्योगभित्र पर्ने कुल २० वटा स्टिल रि-रोलिङ उद्योगहरु नेपालमा संचालित छन्। यी उद्योगहरुमा ४,८८३ भन्दा बढी कामदारहरु कार्यरत छन्। यी उद्योगहरु प्रायजसो नेपालका तराई क्षेत्रमा अवस्थित छन्।

स्टिल रि-रोलिङ उद्योगमा घरेलु बजारमा प्रयोगको लागि छड, बार र स्टिलका पाता उत्पादन गर्न प्रायशः फलामका टुक्रा, ingot र बिलेटहरु कच्चा पदार्थको रुपमा प्रयोग गरिन्छ। बिलेटलाई विभिन्न आकारमा बदल्नको लागि त्यसलाई तताउन एउटा फर्नेसको प्रयोग गरिन्छ।

रोलिङ मिल क्षेत्रमा प्रयोग हुने प्रत्यक्ष ऊर्जा उपयोगमा तताउने इन्धन र विद्युतीय ऊर्जा समावेश छन्। ऊर्जा-गहन कच्चा पदार्थहरुको प्रयोग अप्रत्यक्ष ऊर्जा उपयोगमा पर्दछ। सामान्यतया यस उद्योगमा ऊर्जा दक्षताका बारेमा कम सचेतना छ र धेरै उद्योगहरुका प्रक्रियामा ऊर्जा दक्षताका उपायहरु बुझ्न र उच्चस्तरीय प्रविधिहरु संचालन गर्न in-house इन्जिनियरिङ र प्राविधिक जनशक्तिको अभाव छ।

३.७.२ ऊर्जा उपयोग र नेपाली स्टिल रि-रोलिङ उद्योगमा हुने निश्चित ऊर्जाको खपत

३.७.२.१ ऊर्जा उपयोग

स्टिल रि-रोलिङ उद्योगले यसका उत्पादन प्रक्रियाहरुमा विद्युतीय र तापीय दुबै ऊर्जाको खपत गर्दछ। विद्युतीय ऊर्जाको मुख्य श्रोत राष्ट्रिय ग्रिड हो भने लोड शेडिङ भएको अवस्थामा मर्मत सम्भार गतिविधिको लागि डिजेल जेनेरेटर संचालन गरिन्छ। मुख्यतया rolling र यान्त्रिक अनुप्रयोगहरु, कम्प्रेसर (मूल रुपमा हावा कम्प्रेसर), पम्प, हावा फ्याँक्ने औजार र चिसो गर्ने टावरमा विद्युतीय ऊर्जाको खपत हुन्छ। अन्य विद्युत खपत गर्ने प्रक्रियाहरुमा प्रकाश र सामाग्रीहरुको प्रवन्ध मिलाउनु हुन्। फर्नेसलाई पुनः तताउनको लागि तापीय ऊर्जा आवश्यक हुन्छ। बोइलर संचालनको लागि प्रयोग गरिने इन्धनमा मुख्यतया फर्नेस तेल र कोइला हो। केही उद्योगहरुमा डिजेलको पनि प्रयोग हुन्छ।

३.७.२.२ स्टिल रि-रोलिङ उद्योगमा हुने निश्चित ऊर्जा खपत (SEC) (Specific Energy Consumption (SEC) in Steel Re-Rolling Industry Sector)

यो निर्देशिका तयार गर्ने क्रममा गरिएको अध्ययन अनुसार नेपालका स्टिल रि-रोलिङ सेक्टरमा हुने निश्चित ऊर्जाखपतको परिमाण तल दिइएको छ। आँकडाहरु चारवटा स्टिल रि-रोलिङ उद्योगहरुमा गरिएको ऊर्जा परिक्षणको आधारमा तयार पारिएको हो।

Table 3.13: Specific Energy Consumption in Steel Re-Rolling Mills

Specific Energy Consumption		
Description	**Electrical, kWh/MT**	**Thermal, GJ/MT**
WECS 2019/20	११०.०	२.१३
EEC, 2015, Nepal[14]	१०० – १२५	१.८-२.०१
ESPS/DANIDA[15]	१४९.१७	१.८-२.४१
India[16]	९७	२.३

३.७.३ साधारण प्रक्रियाको कार्यतालिका

TMT उत्पादन प्रक्रियाको साधारण कार्यतालिका तल दिइएको छः

[14] EEC/FNCCI, 2005, Nepal
[15] ESPS/DANIDA, 2001 to 2005, Nepal
[16] BEE, India

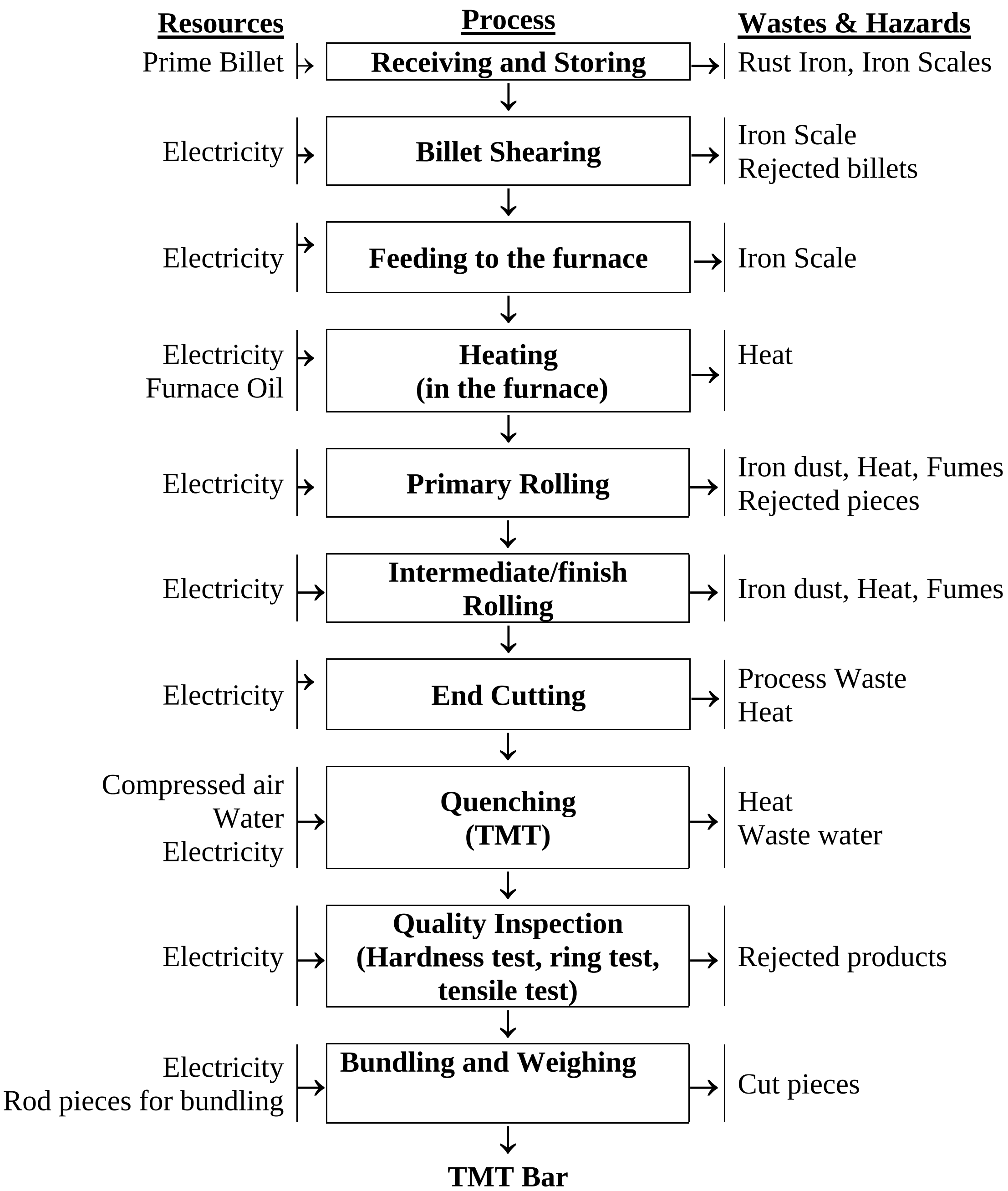


Figure 3.8: General Process flowchart of steel re-rolling mill

३.७.४ प्रक्रिया विवरण

विभिन्न आकार र लम्बाईमा काटिएका हल्का स्टिलका बिलेटहरु मुख्यतया भारतबाट आयात गरिन्छ। यी ढिकाहरु TMT बारहरु उत्पादन गर्न स्टिल रि-रोलिङ उद्योगको लागि मुख्य कच्चा पदार्थ हो।

बिलेट कटाई

M.S बिलेट लाई आसन्न भण्डारबाट विन्च वा ओभरहेड क्रेनद्वारा काट्ने मेशिनको कन्भेयरमा स्थानान्तरण गरिन्छ। संचालकले तय गरेको लम्बाइ बराबर यात्रा गरेर बिलेट कन्भेयरको अवरोधकसम्म पुग्दछ।

तत् पश्चात आवश्यक आकारमा मेशिनले उक्त बिलेटलाई काट्दछ।केही उद्योगहरुले in house MS ingots पनि प्रयोग गर्दछन्।

बिलेट तताई

काटिएका बिलेट वा in house ingots लाई भट्टीको चेन कन्भेयरमा पठाइन्छ। यी बिलेटलाई भट्टीभित्र pusher ले चार्ज गरेर प्रिहिटिङ क्षेत्र हुँदै भट्टीको भिजाउने क्षेत्रबाट रोलिङ प्रक्रियाको लागि बाहिर निकालिन्छ। बिलेटलाई भट्टीभित्र १०५० देखि ११५०°C सम्म तताइन्छ।

रोलिङ

तातो बिलेटलाई रफिङ स्टयाण्डबाट पठाइन्छ। सामान्यतया रफिङ इकाईमा ४ वटा स्टयाण्डहरु हुन्छन्। पहिलो स्टयाण्डले बिलेटको अनुभागीय क्षेत्रफल ८ चरणमा घटाउँछ। दोस्रो स्टयाण्डले २ चरणमा, तेस्रोले २ चरणमा र अन्तमा चौथो स्टयाण्डले बिलेटको अनुभागीय क्षेत्रफल १ चरणमा घटाउँछ। रफिङ प्रक्रियाको समाप्ति पश्चात विकृत डण्डिको रुपमा रहेको बिलेटलाई फिनिसिङ मिलबाट पठाइन्छ। फिनिसिङ मिलमा मध्यवर्ती र अन्तिम फिनिसिङ गरी दुई खण्ड हुन्छन्। रफिङ र फिनिसिङ मिलको बीचमा रोल गरिएको तातो बिलेटका फेद काट्ने एउटा प्रणाली हुन्छ जुन गलत रोल बन्ने समस्याबाट बचाउने कार्यको लागि महत्वपूर्ण छ।

TMT (Thermo-mechanical treatment)

बिलेटहरु मिलहरुबाट यात्रा गर्दै क्वेन्चिङ चरणमा पुग्दछन् र त्यसकारण तापक्रम पुनः ९००°C-९५०°C मा झर्दछ। क्वेन्चिङ चरणमा बिलेटहरुलाई ठूलो फोहोराको चिसो पानीबाट पठाइन्छ जहाँ यसको तापक्रम तत्काल २५० °C मा झारिन्छ। ती फलामका डण्डिहरुलाई अब आकारका आधारमा एक स्थानमा भण्डारण गरिन्छ र अन्तमा ट्रकहरुमा भरेर गन्तब्यमा पठाइन्छ। विस्तृत प्रक्रिया तल दिइएको छः

TMT बार भन्नाले Thermo Mechanically Treated बार भन्ने बुझिन्छ। यस प्रक्रियामा स्टिलका बिलेट/ब्लकहरुलाई रिहिटिङ गर्ने भट्टीमा तताएर रोलिङ स्टयाण्डका अनुक्रमहरुबाट रोल गरिन्छ जसले क्रमिक रुपमा बिलेट/ब्लकको क्रस सेक्सनलाई घटाई सुधारिएको TMT बारको बनौट र आकारमा ल्याउँछ। उक्त तातो बारलाई रोलिङ प्रक्रियाबाट बाहिरिए पछि सेलाउने र सेल्फ-टेम्पर गर्न दिएर तीन चरणमा बारलाई अझै मजबुती र लचकता दिलाइन्छ।

सेलाउने

उच्च चापको पानीको फोहोरा प्रणाली तातो रोल गरिएको बारमा प्रयोग गरेर भित्रि सतहलाई ferrite perlite नै कायम गरेर यसको परिधिलाई martensite क्षेत्र (कडा क्षेत्र) मा परिणत गरिन्छ।

सेल्फ-टेम्परिङ

यस चरणमा सतहको भन्दा भित्री भाग (core) को तापक्रम अत्याधिक भएको अवस्थामा बारले सेलाउने

(quenching) प्रणाली छाड्दछ। यसले गर्दा सतहलाई टेम्पर गर्दै तापक्रम भित्रि भागबाट सतहमा सर्न थाल्छ जुन बनावटलाई "Tempered Martensite" भनिन्छ।

वातावरणीय कुलिङ

यस अन्तिम चरणमा चिस्याउने प्रक्रिया यस्तो स्थानमा गरिन्छ जहाँ अन्तिम बनावटमा वाहिरी परिधि कडा बन्न पुग्छ जस कारण बार झनै बलियो, बढी खिया र आगो प्रतिरोधी हुन्छ। नरम भित्री सतहले धातुलाई लचकता (बढी बंग्याउन र लम्ब्याउन मिल्ने) र प्राकृतिक विपद तथा अन्य विपत्ति झेल्न सक्ने उच्चतम fatigue प्रतिरोधी क्षमता प्रदान गर्दछ। TMT बारको उत्पादन गुणस्तर तीन मुख्य कारणहरुमा भर पर्दछः कच्चा पदार्थको गुणस्तर, उचित तरिकाले डिजाइन गरिएको र स्वचालित मिल र राम्रो डिजाइनको सेलाउने र टेम्परिङ प्रविधि।

कटाई

काट्ने मेशिनहरुले बटारिएको चिसा बारहरुलाई निश्चित लम्बाईमा काट्दछन्।

मुठा पार्ने र गुणस्तर नियन्त्रण

निश्चित संख्याका बारहरुलाई त्यसपछि बाँधेर मुठा पारी बीचबाट बंग्याइन्छ। त्यसपछि “S” आकारको अंकुशले त्यसलाई कसिन्छ। तयार उत्पादनलाई गुणस्तर जाँच र स्वीकृतिको लागि नमुना संकलन गरिन्छ।

३.७.५ स्टिल रि-रोलिङ मिलमा उल्लेख्य ऊर्जा खपतन हुने क्षेत्र तथा उपकरण

निम्न क्षेत्र र उपकरणहरुले उल्लेख्य ऊर्जा खपत गर्दछन्ः

- फर्नेस;
- इन्डक्सन;
- पम्प प्रणाली;
- कुलिङ टावर;
- कोल क्रसर;
- प्रकाश;
- कम्प्रेसर र,
- डिजेल जेनेरेटर ।

३.७.६ ऊर्जा परिक्षणको लागि नमुना संकलन तथा मापन

स्टिल रि-रोलिङ उद्योगको विद्युतीय प्रणालीको ऊर्जा परिक्षणको लागि निम्न विद्युतीय प्यारामिटरहरुको मापन आवश्यक हुन्छः

डाटा लगिङः तीन चरणको डाटा लगरको मद्दतले मुख्य विद्युतीय प्यानलमा २४ घण्टा डाटा लगिङ गर्ने, यसले पावर फ्याक्टर, kW र kVA मा कुल भार, उच्चतम माग, भोल्टेज, करेन्ट, हार्मोनिक्स देखाउँछ।

भार मापनः सबै इन्डक्सन मोटरहरुको भार मापन handheld power analyzer को मद्दतले गर्ने, यसले kW, kVA, ampere र पावर फ्याक्टर देखाउँछ।

प्रकाशको भार मापनः Handheld power analyzer को मद्दतले मुख्य प्रकाश प्यानलमा भार मापन गर्ने।

प्रकाश सम्बन्धी विवरण: Wattages, बल्ने अवधि र जडान गरिएको स्थानसंगै बत्तीका किसिमहरुको संकलन गर्ने।

पम्पको भार मापनः कार्यक्षमता मुल्यांकनको लागि ऊर्जा खपत र हेड डिस्चार्ज मापन गर्ने।

हावा कम्प्रेसरः FAD जाँच संचालन गर्ने, वितरण प्रणालीमा चुहावटको पहिचान गर्ने।

डिजेल जेनेरेटरः प्रति लिटर इन्धनमा किलोवाट घण्टा उत्पादन गणना गर्ने।

स्टिल रि-रोलिङ उद्योगको तापीय प्रणालीको ऊर्जा परिक्षणको लागि निम्न प्यारामिटरहरुको मापन आवश्यक हुन्छः

फर्नेसः

- **धुवाँको विश्लेषण:** अक्सिजन, कार्बन डाइअक्साइड, कार्बन मोनोअक्साइड, stack र वरपरको तापक्रम मापन गर्ने।
- **सतहको ताप चुहावट मापनः** बोइलर भाँडा र बाष्प पाइपलाइनहरुको सतहको तापक्रम मापन गर्ने।
- **रिक्युपरेटरः** भित्रिने र बाहिरिने तापक्रम नाप्ने।

ताप एक्स्चेन्जरः भित्रिने र बाहिरिने तापक्रम नाप्ने।

कुलिङ टावरः भित्रिने र बाहिरिने तापक्रम नाप्ने।

३.७.७ स्टिल रि-रोलिङ मिलमा सम्भावित ऊर्जा बचतका उपायहरु

स्टिल रि-रोलिङ मिलमा निम्न ऊर्जा बचतका उपायहरु पाउन सकिन्छः

Table 3.14: Energy conservation opportunities in steel re-rolling mills

क्र.सं.	ऊर्जा बचतका अवसरहरु	लगानीको प्रकार
१	विद्युत माग व्यवस्थापन	शून्य लागत
२	फर्नेसमा अनुकुल हावाको आपूर्ति	
३	ताप चुहावट न्यून गर्न फर्नेसको ढोका अनुकुल मात्र खोल्ने	
४	फर्नेसमा कम ओसिलोपना भएको इन्धन प्रयोग गर्ने	
५	स्केलिङ रोक्नको लागि धेरै समयसम्म बिलेटलाई फर्नेसमा नराख्ने	

६	विद्युतीय ऊर्जा बचाउन continuous cast बिलेटको बदला rolled बिलेटको प्रयोग गर्ने	
७	APFC इकाईहरुसंगै क्यापासिटर बैंकको जडानद्वारा पावर फ्याक्टर सुधार गर्ने	न्यून लागत
८	फर्नेसका सबै क्षेत्रहरु, stack र हावा भित्रिने स्थानमा तापक्रम नाप्ने उपकरण जडान गर्ने	
९	परम्परागत बत्तीहरुलाई LED द्वारा प्रतिस्थापन गर्ने	
१०	पम्प र मोटरको लागि VFD जडान गर्ने	
११	पुराना पम्प र मोटरलाई ऊर्जा दक्ष पम्प र मोटरद्वारा प्रतिस्थापन गर्ने	
१२	फर्नेसको इन्सुलेसन मर्मत गर्ने	
१३	रिक्युपरेटर जडान गर्ने	अधिक लागत
१४	फर्नेसको भित्रपट्टि सेरामिक पेन्ट कोटिङ गर्ने	

३.८ चिनी मिल

३.८.१ नेपालमा चिनी मिलहरु

चिनी उद्योगहरु कृषिमा आधारित मौसमी उद्योगहरु हुन्। CBS २०११/१२ का अनुसार नेपालमा ५४ वटा चिनी उद्योगहरु संचालनमा छन्। यी मध्ये १३ वटा उद्योग मात्र ठूला आकारका चिनी उद्योगहरु मानिन्छन्। यी मिलहरुमा उखु पेल्ने क्षमता प्रति दिन ८०० देखि ५००० TCD छ (DoI, 2019)। मुख्य कच्चा पदार्थ उखुको उपलब्धताको कारणले गर्दा प्रायः सबैजसो चिनी उद्योगहरु तराई भेगमा अवस्थित छन्। ठूला खालका चिनी उद्योगहरुमा अर्ध-स्वचालित किसिमको उत्पादन प्रणाली छन्। यसले फरक स्तरको चिनी र खुदो सहउत्पादनको रुपमा उत्पादन गर्दछ। उखु यस उद्योगको मुख्य कच्चा पदार्थ हो र यसले चिनीको प्रशोधन र शुद्धिकरणमा धेरै रसायनहरुको पनि खपत गर्दछ।

ठूला किसिमका चिनी उद्योगहरुमा ठूला क्षमताका बोइलरहरु संचालित छन्। चिनी मिलहरुले तिनको आफ्नै सहउत्पादन “बगास” लाई बोइलरको इन्धनको रुपमा प्रयोग गर्दछन्। सबै ठूला किसिमका चिनी उद्योगहरुमा सहउत्पादन प्रणाली हुन्छ त्यसैले आफ्नो प्रयोगको लागि विद्युत आफैं उत्पादन गर्दछन्।

३.८.२ ऊर्जा उपयोग र नेपाली चिनी उद्योगहरुमा हुने निश्चित ऊर्जाको खपत

३.८.२.१ ऊर्जा उपयोग

चिनी उद्योगहरुले आफ्नो उत्पादन प्रक्रियामा विद्युतीय र तापीय दुवै ऊर्जाको खपत गर्दछन् । ताप र शक्तिको योग प्रणाली (CHP) (जसलाई co-generation पनि भनिन्छ) ले पेल्ने मौसममा कारखानाको लागि ऊर्जाको मुख्य श्रोतको रुपमा काम गर्दछन्। यद्यपि उखु नपेल्ने मौसममा नेपाल विद्युत प्राधिकरण (NEA) ले कारखानामा आपूर्ति गर्ने विद्युत ऊर्जाको मुख्य श्रोत हो। उखु काट्ने, किकर, रेशा बनाउने, milling tandem, पम्प, भ्याकुम प्रणाली, क्यारियर, centrifuges, बोइलरको ID र FD पंखा, र कम्प्रेस्ड हावा प्रणालीमा जडित मोटरहरु विद्युत खपत गर्ने मुख्य क्षेत्रहरु हुन्। तापीय ऊर्जा मुख्यतया Co-generation Plant मा विद्युत उत्पादनको लागि र प्रक्रिया हिटिङको लागि हो।

३.८.२.२ चिनी क्षेत्रमा हुने निश्चित ऊर्जाको खपत (SEC) (Specific Energy Consumption (SEC) in Sugar Sector)

यो निर्देशिका तयार गर्ने क्रममा गरिएको अध्ययन अनुसार नेपालका चिनी सेक्टरमा हुने निश्चित ऊर्जा खपतको परिमाण तल दिइएको छ। आँकडाहरु चारवटा चिनी उद्योगहरुमा गरिएको ऊर्जा परिक्षणको आधारमा तयार पारिएको हो।

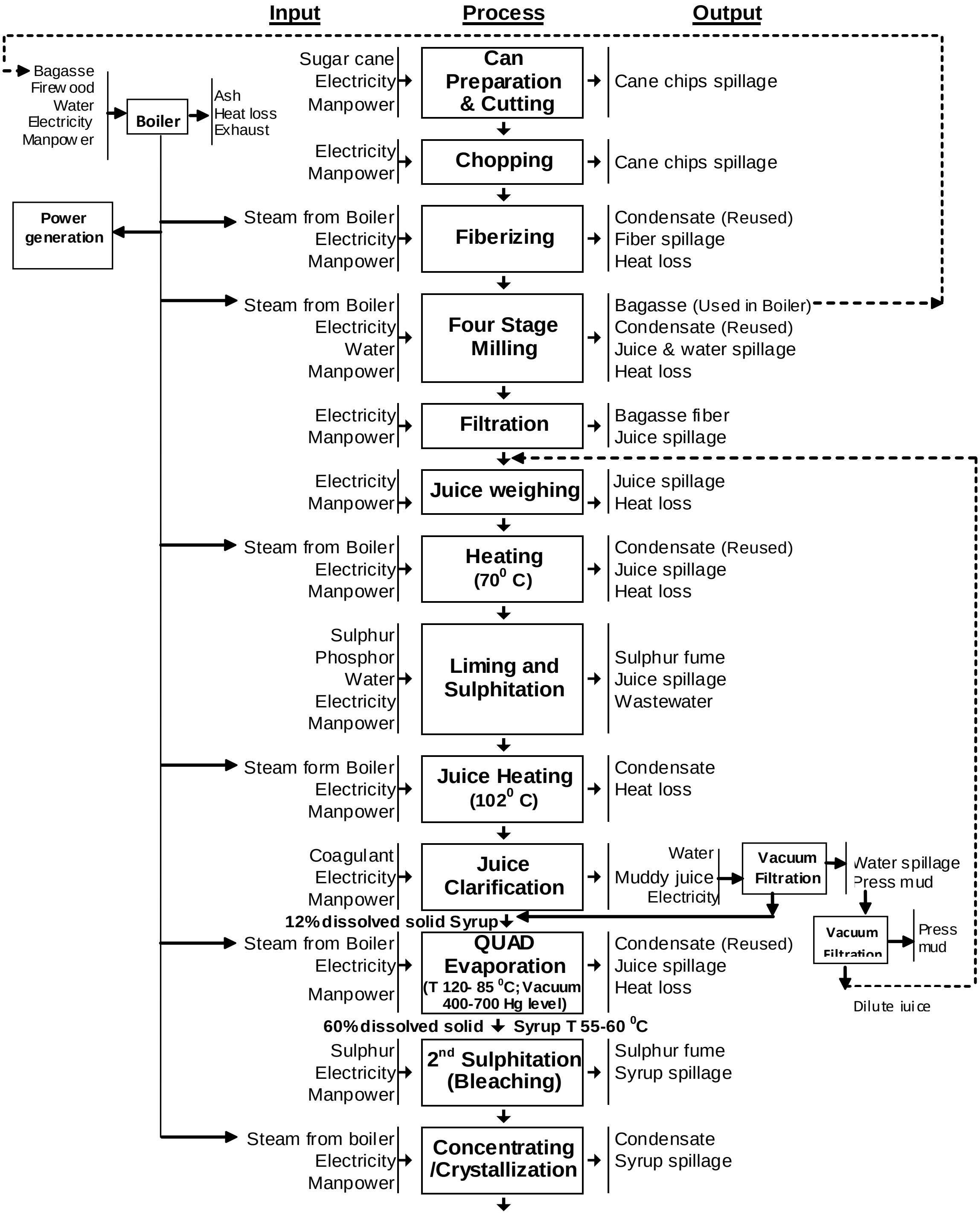
Table 3.15: Specific Energy Consumption in Sugar Sector

Specific Energy Consumption		
Description	**Electrical,** kWh/MT (Cane Crushed)	**Thermal, GJ/MT** (Cane Crushed)
WECS 2019/20	३३.५	४.०३
ESPS/DANIDA [17]	४५ – ५०	४.११
India[18]	२२	३.४८

३.८.३ साधारण प्रक्रियाको कार्यतालिका

चिनी उत्पादनको साधारण प्रक्रियाको कार्यतालिका तल दिइएको छः

[17] ESPS/DANIDA, 2001 to 2005, Nepal
[18] BEE, India


Input
Process
Output
Bagasse
Firewood
Water
Electricity
Manpower
Boiler
Ash
Heat loss
Exhaust
Power generation
Sugar cane
Electricity
Manpower
Can Preparation & Cutting
Cane chips spillage
Electricity
Manpower
Chopping
Cane chips spillage
Steam from Boiler
Electricity
Manpower
Fiberizing
Condensate (Reused)
Fiber spillage
Heat loss
Steam from Boiler
Electricity
Water
Manpower
Four Stage Milling
Bagasse (Used in Boiler)
Condensate (Reused)
Juice & water spillage
Heat loss
Electricity
Manpower
Filtration
Bagasse fiber
Juice spillage
Electricity
Manpower
Juice weighing
Juice spillage
Heat loss
Steam from Boiler
Electricity
Manpower
Heating (70⁰ C)
Condensate (Reused)
Juice spillage
Heat loss
Sulphur
Phosphor
Water
Electricity
Manpower
Liming and Sulphitation
Sulphur fume
Juice spillage
Wastewater
Steam form Boiler
Electricity
Manpower
Juice Heating (102⁰ C)
Condensate
Heat loss
Coagulant
Electricity
Manpower
Juice Clarification
Water
Muddy juice
Electricity
Vacuum Filtration
Water spillage
Press mud
Vacuum Filtration
Press mud
Dilute juice
12% dissolved solid Syrup
Steam from Boiler
Electricity
Manpower
QUAD Evaporation (T 120- 85 ⁰C; Vacuum 400-700 Hg level)
Condensate (Reused)
Juice spillage
Heat loss
60% dissolved solid Syrup T 55-60 ⁰C
Sulphur
Electricity
Manpower
2nd Sulphitation (Bleaching)
Sulphur fume
Syrup spillage
Steam from boiler
Electricity
Manpower
Concentrating /Crystallization
Condensate
Syrup spillage

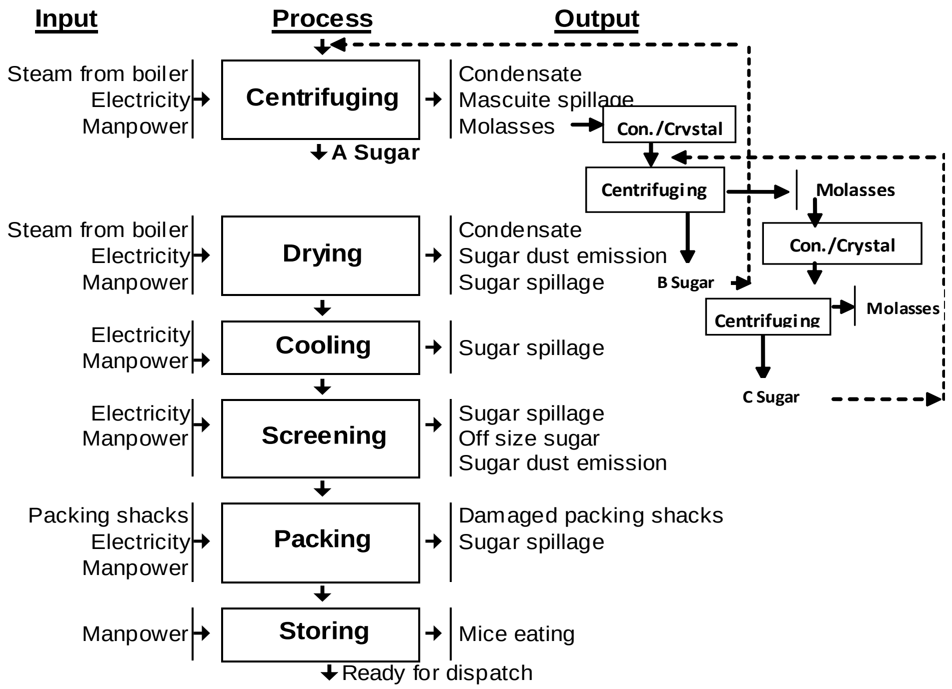


Figure 3.9: Sugar Production Process Flowchart

३.८.४ प्रक्रिया विवरण

चिनी कारखानामा उखु तयार गर्ने कार्यसंगै प्रक्रिया शुरु हुन्छ र यसपछि तल वर्णन गरिएका प्रक्रियाहरु आउँदछन्:

उखु तयार गर्ने

ढुवानीका साधनहरुबाट ल्याइएका उखुहरुलाई तिनवटा अनलोडरको मद्दतले निकालेर उखु क्यारियरमा राखिन्छ। उखु क्यारियरले त्यसलाई उखु मिलमा पुर्याउँछ। क्यारियरमा जडित उखु किकरले उखुलाई पछाडि धकेल्दै त्यसको बहावको नियमन गर्दछ। लेभलरले घुम्ने चक्कुको मद्दतले बेडको उचाईसम्म उखुको अझै तह मिलाउँछ। उखु काट्ने मेशिन (जो आफ्नो केन्द्रमा चक्कुहरु भएको एक घुम्ने ड्रम हो) ले आउने उखुहरुलाई साना टुक्राहरुमा काट्छ। पुशरले फाइब्राइजरमा जाने उखुको सही बहावको नियमन गर्दछ। फाइब्राइजर (जसमा swing hammers भएको घुम्ने ड्रम समावेश हुन्छ) ले उखुलाई रेशा बनाउन मद्दत गर्दछ। तयार उखुको तयारी सुची ८०-८५% कायम गरिन्छ।

Rack carrier ले तयार गरिएको उखुलाई फाइब्राइजरबाट बेल्ट कन्भेयरसम्म ढुवानी गर्दछ। बेल्ट कन्भेयरमा चुम्बकिय सेपेरेटरले यदि भएमा फलामका टुक्राहरु समात्न मद्दत गर्दछ। बेल्ट कन्भेयरले रेशा बनाइएको र सफा गरिएको उखु पहिलो मिलमा पठाउँछ।

Milling:

मिलहरु पाँचवटा हुन्छन् र प्रत्येकमा तीनवटा रोलरहरु हुन्छन्। यी top roller, feed roller र discharge roller हुन्। रोलरहरुले उखुको रेशालाई निचोर्छन् र रस डुँडमा जम्मा हुन्छ। रसिलो बगास एउटा मिलबाट अर्को मिलमा जान्छ।

मिलमा उखु पेलेर निकालिएको बगास रेक कन्भेयर हुँदै बोइलरमा ढुवानी गरिन्छ। रेक ढुवानीकर्ता (Rake Transporter) मा भएको खुल्ने प्वालले बगासलाई फरक बोइलरहरुमा हाल्न सहजता प्रदान गर्दछ। बाँकी बगास गोदाममा लगेर राखिन्छ। फर्किने बगास क्यारियरले गोदामघरबाट बगासलाई आवश्यक परेको समयमा मुख्य क्यारियरमा ढुवानी गर्दछ।

जुस सफाई

मिलबाट उपलब्ध मिश्रित जुसको परिमाण मापन गर्न फ्लो मिटरबाट थप प्रक्रियाको लागि चिनी उमाल्ने (process house) मा पम्प गरिन्छ। सबैभन्दा पहिले मिश्रित जुसलाई दुई चरणमा (चौथो evaporator को भेपोरको प्रयोग गरेर ५० देखि ६० °C मा पहिलो चरणमा र त्यसपछि भेपोर सेल वा back pressure turbine exhaust header को भेपोरको प्रयोग गरेर इच्छित ७० देखि ७२°C को तापक्रमसम्म) ७० देखि ७२ °C मा तताइन्छ। तताइएको मिश्रित जुस त्यसपछि जुस sulphiter मा जान्छ जहाँ milk of lime Ca(OH)2 र SO_2 ग्यास (हावामा रहेको नक्कली सल्फरद्वारा तयार गरिएको) थप गरिन्छ । $Ca(OH)_2$ थप गरे पश्चात् PH ७-७.२ मा कायाम राख्न SO_2 थपिन्छ। यस प्रक्रियामा मिश्रित जुसलाई तटस्थ बनाइन्छ र clarifier मा सजिलोसंग रहनको लागि हिलो जस्तो वस्तु जम्मा हुन शुरु गर्दछ।

Sulfiter बाट प्राप्त सल्फाइट हालिएको जुसलाई दुई चरणमा १०१-१०५°C को तापक्रममा अझै तताइन्छ। पहिलो चरणमा दोस्रो evaporator को भेपोर प्रयोग गरेर जुस हिटरमा तताइन्छ र तापक्रम ८०-८५ °C सम्म बढाइन्छ। दोस्रो चरणमा जुस हिटरले back pressure turbine header को निकासको प्रयोग गरेर चाहेको मात्राको तापक्रममा पुर्याइन्छ (१०१-१०२ °C)। तताइएको सल्फाइटयुक्त जुसलाई सेटलमेन्टको लागि क्लारिफायरमा पम्प गरिन्छ जसको लागि २.५ घण्टा लाग्छ (र प्रक्रिया अझै चलिरहन्छ)।

माथिको प्रष्ट supernatant जुसलाई सिधै क्लारिफायरबाट तानिन्छ (ओभरफ्लो फोहोराबाट) र क्लियर जुस हिटरद्वारा evaporator मा पठाइन्छ जुन (प्लेट जस्तो ताप परावर्तक) PHE हरु हुन् जहाँ यसलाई semi kestres भेपोर वा BPT हेडरबाट निकास हुने बाष्पको प्रयोगले १०८ देखि ११० °C सम्म तताइन्छ। तल रहने हिलो जस्तो जुसलाई (क्लारिफायर लेदो) गुरुत्वाकर्षण बलले घुम्ने भ्याकुम फिल्टरमा छान्नको लागि पठाइन्छ जहाँ यसलाई फिल्टर केक र filtrate मा छुट्ट्याइन्छ। फिल्टर केकलाई (हिलो) बेल्ट कन्भेयरको मद्दतले जैविक-कम्पोष्ट निर्माण कारखानामा पठाइन्छ। जुस हिटरको बाष्पको condensate लाई फरक पम्पहरुद्वारा भेपोर condensate (तातो पानी ओभरहेड) ट्यांकीमा पठाइन्छ।

इभेपोरेसन

१२-१३% ब्रिक्स घनत्व भएको तताइएको प्रष्ट जुसलाई थप घनत्वको लागि multieffect इभेपोरेटरमा राखिन्छ। कारखानामा double effect vapor cell (DEVC) र quintuple effect इभेपोरेटरहरु हुन्छन्। इभेपोरेटरबाट निस्केको घनत्वयुक्त जुसलाई सिरप भनिन्छ जसमा ५५-६०% ब्रिक्सको घनत्व हुन्छ। बाष्पलाई निम्न किसिमको व्यवस्थाद्वारा निकालिन्छः

I. 1st effect of DEVC (SK): for C pan boiling, clear juice is heater
II. 2nd effect of DEVC (VC): for A and B pan boiling, raw juice 2nd heating compartment.
III. 3nd effect of quintuple evaporator: Sulphited juice first heating.
IV. 4th effect of quintuple evaporator: Raw juice 1st heating

DEVC (SK) र quintuple इभेपोरेटरको पहिलो प्रभाव (1st effect)द्वारा condensate गरी निकास गरिएको बाष्पलाई करिव ११०-११२°C को तापक्रममा फिड वाटरको रुपमा बोइलरमा पठाइन्छ। Quadruple इभेपोरेटरको बाँकी चार प्रभावहरु (4 effects) बाट निस्कने भेपोर कन्डेन्सेटलाई छुट्टाछुट्टै रुपमा भेपोर कन्डेन्सेट (O/H तातो पानी) ट्यांकीमा पम्प गरेर जम्मा गरिन्छ र i) mill imbibition ii) फिल्टर केक सफा गर्न iii) चुना तयार गर्न iv) centrifuges चिनी सफा गर्न आदिमा प्रयोग गरिन्छ। बाँकी रहेको भेपोर कन्डेन्सेटलाई कुलिङ टावरमा (प्याकेज किसिमको) ३५°C सम्म चिसो पारिन्छ र ताजा चिसो पानीको रुपमा (bearing cooling water, प्रयोगशाला आदि) प्रयोग गरिन्छ।

Quintuple effect इभेपोरेटरको लागि आवश्यक भ्याकुम single entry multi jet condenser द्वारा सृजना गरिन्छ। Quintuple effect इभेपोरेटरको अन्तिम प्रभावमा लगभग २५mm HG को भ्याकुम सृजना गरिन्छ। यस भन्दा अघिका तिन प्रभावहरुमा भ्याकुम विस्तारै घट्न जान्छ (कन्डेन्सरमा एउटा पम्पले आपूर्ति गर्ने पानी भ्याकुम सृजना गर्न पर्याप्त हुन्छ)। सिरपलाई पहिले सिरप sulfiter मा पठाइन्छ जहाँ यसलाई SO_2 ग्यास बगाएर ५.५-५.२ को PH मा sulpited गरिन्छ। यहाँ ब्लिचिङको काम हुन्छ र viscosity घट्दछ।

जुस Crystallization:

सातवटा भ्याकुम प्यानहरु चिनीको crystallization को लागि प्रयोग गरिन्छ। जसको वितरण यसप्रकार छः

i) 3 nos. for A massecute boiling
ii) 2 nos. for B masecute boiling
iii) 2 nos. for C massecute boiling.

हरेक प्यानमा छुट्टाछुट्टै कन्डेन्सरले भ्याकुम सृजना गर्दछन्। संयुक्त हेडरद्वारा चापयुक्त पानी आपूर्ति गरिन्छ जुन ४ वटा पम्पबाट एकैपटक पठाइन्छ। जम्मा ७ (सात) वटा कन्डेन्सर पम्पहरु हुन्छन् जसमा एउटा quintuple इभेपोरेटरको लागि, ४ वटा प्यानको लागि हुन् र २ वटा तयारी अवस्थामा हुन्छन्।

सल्फाइट हालिएको सिरप, B र C चिनी पगालेर बनाइएको sugar melt र sugar grades चालेर निक्लेको dry seed (mother crystals) बाट “A” massecute तयार गरिन्छ। जव चाहिएको आकारको क्रिष्टल प्राप्त

हुन्छ यसलाई 'A' crystallizer मा खसालिन्छ। Crystallizer ले अझै crystallization हुन मद्दत गर्नुका साथै massecute भण्डारण गर्ने भाँडाको समेत काम गर्दछ।

समतल पिँधको हलो भएको centrifugal मेशिनको सहायताले massecute लाई cure गरिन्छ जहाँ चिनीका क्रिष्टलबाट mother liquor (खुदो) लाई छुट्ट्याइन्छ। त्यसपछि चिनीलाई लगेर grass- hoppers मा सुकाइन्छ। त्यहाँबाट चिनीलाई भाइब्रेटिङ स्क्रिन फिडरमा पठाइन्छ जहाँ यसलाई वर्गिकरण गरिन्छ। चाहिएको भन्दा सानो आकारको क्रिष्टललाई छुट्ट्याइन्छ र A प्यान उमाल्नको लागि mother crystals (बीउ) को रुपमा प्रयोग गरिन्छ। वर्गिकरण गरिएको चिनी बेल्ट कन्भेयरको मद्दतले प्याकिङ सेक्सनमा लगिन्छ जहाँ यसलाई ५० केजीको दरले प्याकिङ्ग गरिन्छ।

A-massecute लाई cure गरेपश्चात प्राप्त खुदोलाई A-molasses भनिन्छ जुन B-massecute उमाल्नको लागि प्रयोग गरिन्छ। B-massecute यसै प्रकारले centrifuge गरिन्छ र B चिनी र B खुदो प्राप्त गरिन्छ। B खुदोलाई फेरि C-massecute प्राप्त गर्न C-pan मा crystallize गरिन्छ।

C-massecute लाई centrifuge गरेर C-चिनी र बाँकी खुदो प्राप्त गरिन्छ । दोहोरो cure गरिएको (पुनः centrifuge गरिएको) C-चिनीलाई चिनी पगाल्ने भाँडामा B-चिनीसंगै पगालेर A-massecute तयार गर्न A-pan मा पठाइन्छ। बाँकी बचेको लगभग ८०-९०% ब्रिक्स घनत्व भएको खुदो रक्सी बनाउने कारखानामा कच्चा पदार्थको रुपमा प्रयोग गर्न खुदो भण्डारण गर्ने ट्यांकीमा पठाइन्छ।

३.८.५ चिनी उद्योगहरुमा उल्लेख्य ऊर्जा खपत हुने क्षेत्र तथा उपकरण

निम्न क्षेत्र र उपकरणले उल्लेख्य ऊर्जा खपत गर्दछन्:

- बोइलर र बाष्प वितरण;
- सह-उत्पादन;
- इन्डक्सन मोटर;
- मिलिङ;
- प्रकाश;
- पम्प प्रणाली;
- कुलिङ टावर;
- कम्प्रेसर;
- डिजेल जेनेरेटर;
- ताप एक्स्चेन्जर र
- पानी प्रशोधन केन्द्र ।

३.८.६ ऊर्जा परिक्षणको लागि नमुना संकलन तथा मापन

चिनी उद्योगहरुको विद्युतीय प्रणालीको ऊर्जा परिक्षणको लागि निम्न विद्युतीय प्यारामिटरहरुको मापन आवश्यक हुन्छ:

डाटा लगिङः तीन चरणको डाटा लगरको मद्दतले मुख्य विद्युतीय प्यानलमा २४ घण्टा डाटा लगिङ गर्ने, यसले पावर फ्याक्टर, kW र kVA मा कुल भार, उच्चतम माग, भोल्टेज, करेन्ट, हार्मोनिक्स देखाउँछ।

भार मापनः सबै इन्डक्सन मोटरहरुको भार मापन handheld power analyzer को मद्दतले गर्ने, यसले kW, kVA, ampere र पावर फ्याक्टर देखाउँछ।

प्रकाशको भार मापनः Handheld power analyzer को मद्दतले मुख्य प्रकाश प्यानलमा भार मापन गर्ने।

प्रकाश सम्बन्धी विवरणः Wattages, बल्ने अवधि र जडान गरिएको स्थानसंगै बत्तीका किसिमहरुको संकलन गर्ने।

पम्पको भार मापनः कार्यक्षमता मुल्यांकनको लागि ऊर्जा खपत र हेड डिस्चार्ज मापन गर्ने।

हावा कम्प्रेसरः FAD जाँच संचालन गर्ने, वितरण प्रणालीमा चुहावटको पहिचान गर्ने।

डिजेल जेनेरेटरः प्रति लिटर इन्धनमा किलोवाट घण्टा उत्पादन गणना गर्ने।

चिनी उद्योगहरुको तापीय प्रणालीको ऊर्जा परिक्षणको लागि निम्न प्यारामिटरहरुको मापन आवश्यक हुन्छः

बोइलरः

- **धुवाँको विश्लेषण**: अक्सिजन, कार्बन डाइअक्साइड, कार्बन मोनोअक्साइड, stack र वरपरको तापक्रम मापन गर्ने।
- **सतहको ताप चुहावट मापनः** बोइलर भाँडा र बाष्प पाइपलाइनहरुको सतहको तापक्रम मापन गर्ने।
- **फीड वाटर विश्लेषण**: pH, TDS, कडापन र तापक्रम मापन गर्ने।
- **ब्लो डाउन पानीको विश्लेषण**: pH & TDS मापन गर्ने।
- **इकोनोमाइजर र हावा प्रिहिटर**: भित्र जाने र बाहिर निस्कने पानी र हावाको तापक्रम मापन गर्ने।

ताप एक्स्चेन्जरः भित्रिने र बाहिरिने तापक्रम नाप्ने।

कुलिङ टावरः चिस्याउने वस्तु र पानीको inlet र outlet तापक्रम नाप्ने।

३.८.७ चिनी उद्योगमा सम्भावित ऊर्जा बचतका अवसरहरु

चिनी उद्योगहरुमा निम्न ऊर्जा बचतका अवसरहरु पाउन सकिन्छः

Table 3.16: Energy conservation opportunities in sugar industries

क्र.सं.	ऊर्जा बचतका अवसरहरु	लगानीको प्रकार
१	विद्युत माग व्यवस्थापन	शून्य लागत

क्र.सं.	ऊर्जा बचतका अवसरहरु	लगानीको प्रकार
२	बोइलरमा अतिरिक्त हावा नियन्त्रण	
३	बोइलरको उचित ट्युनिङद्वारा सक्दो बचत गर्ने	
४	बोइलरमा प्रयोग हुने बगासको ओसिलोपना ५०% बाट ३०% मा घटाउने	
५	भाल्भ र flanges बाट बाष्प चुहावट नियन्त्रण गर्ने	
६	कम्प्रेसरमा नियमित FAD	
७	APFC इकाईहरुसंगै क्यापासिटर बैंकको जडानद्वारा पावर फ्याक्टर सुधार गर्ने	
८	परम्परागत बत्तीहरुलाई LED द्वारा प्रतिस्थापन गर्ने	
९	पम्प र मोटरको लागि VFD जडान गर्ने	
१०	पुराना पम्प र मोटरलाई ऊर्जा दक्ष पम्प र मोटरद्वारा प्रतिस्थापन गर्ने	न्यून लागत
११	नांगा बाष्प पाइपहरु र फिटिङहरुलाई इन्सुलेसन गर्ने	
१२	बोइलरमा इकोनोमाइजर र हावा प्रिहिटर जडान गर्ने	
१३	ताप एक्स्चेन्जरको नियमित सफाई गर्ने	
१४	संघनित पुनर्लाभ प्रणाली जडान गर्ने	
१५	विद्युत उत्पादन गर्न दक्ष टर्बाइन जडान गर्ने	अधिक लागत
१६	सुपर हिटर जडान गर्ने	

३.८.८ चिनी उद्योगमा सहउत्पादनका फाइदाहरु

एउटै ऊर्जा श्रोतबाट विद्युत र ताप उत्पादन गरिने प्रक्रियालाई सहउत्पादन भनिन्छ। यो शब्दावली प्रायजसो यस्तो प्रणालीको लागि प्रयोग गरिन्छ जसले औद्योगिक प्रक्रियाबाट निस्केको खेर जाने वस्तुहरुबाट बाष्प उत्पादन गर्दछ जुन त्यही उद्योगको औद्योगिक प्रक्रियाको लागि विद्युत र प्रक्रिया ताप उत्पादन गर्न प्रयोग गरिन्छ। चिनी मिलहरुमा उखु पेलिसके पश्चात् बाँकी रहेको बगासलाई बाष्प उत्पादनमा प्रयोग गरिन्छ जसले बाष्प टर्बाइन जेनेरेटरलाई यथास्थितिमा ऊर्जा प्रदान गरी चिनी उत्पादन प्रक्रियाको लागि ताप उत्पादन गर्दछ। उत्पादित विद्युत मिलमा चाहिने भन्दा बढी भएमा सामान्यतया ग्रिडमा पठाइन्छ। यो अतिरिक्त विद्युत एउटा महत्वपूर्ण फायदा हो किनकि यसलाई उपयोगकर्तालाई विक्री गर्न सकिन्छ।

बगास उखुको डाँठको रेसादार अवशेष हो जुन चिनी मिलहरुमा पेल्ने र जुस निकाल्ने काम पछि प्राप्त गरिन्छ। प्रत्येक टन उखुबाट २५० केजी बगास निकाल्न सकिन्छ। बगासको बनौट उखुको किसिम र पकाईका साथै खेती गर्ने विधि र उखुको प्रक्रियामा चिनी मिलको दक्षतामा फरक पर्दछ। हरेक टन उखुमा १.२ ब्यारेल पेट्रोलियम बराबरको सम्भावित ऊर्जा हुन्छ। चिनी मिलहरु बगास जलाएर आफ्नो ऊर्जा आवश्यकता पूरा गर्ने तरिकाबाट बनाइएका हुन्छन्ः सस्तो रुपमा बगासलाई फ्याँक्नु भन्दा विद्युत उत्पादनको किफायती माध्यमको रुपमा यसलाई लिइएको छ।

विद्युतको मूल्य र महशुलमा बृद्धिले बगास जस्ता बायोमासबाट अतिरिक्त विद्युत उत्पादन गरी ग्रिडमा आपूर्ति गर्नु चिनी मिलहरुको लागि फायदाजनक भएको छ। प्राय चिनी मिलहरुमा चिनी उत्पादन र मिलको विद्युत मागको लागि आवश्यक भन्दा बढी बगास उत्पादन हुन्छ र त्यसलाई ग्रिडमा बिक्री गर्नको लागि कार्बनतटस्थ विजुली उत्पादनमा प्रयोग गर्न सकिन्छ। बगास सहउत्पादन प्रक्रियाको स्केच तलको चित्रमा दिइएको छः

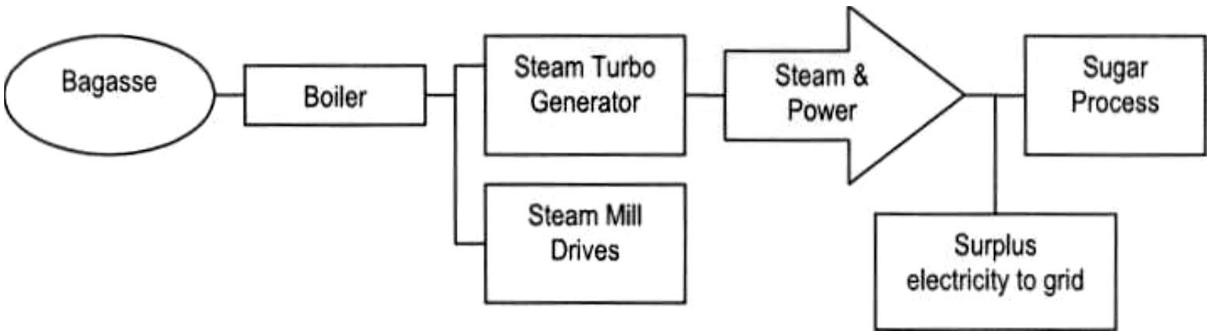


Figure 3.10: Overview of Bagasse Cogeneration

प्रायः सबैजसो चिनी मिलहरु ऊर्जा आपूर्तिको मामलामा आत्मनिर्भर छन् र धेरै जसो मिलहरुले आफ्ना अतिरिक्त विद्युत ग्रिडमा बिक्री गरिरहेका छन्। धेरै मिलहरुमा आफ्नो दैनिक ऊर्जा आवश्यकता भन्दा बढी मात्रामा बगास उत्पादन हुन्छ र उक्त अतिरिक्त परिमाण बेमौसममा विद्युत उत्पादन गर्न भण्डारण गर्न सकिन्छ। यो process steam usage चक्रबाट बाष्प उत्पादनलाई छुट्ट्याउन सकिने बाष्प चक्रमा मात्र सम्भव हुन्छ। Boiler मा हाल्ने इन्धनमा चिनीबाट निस्केको फोहोर समावेश गर्दा उत्पादन गर्न सकिने विद्युतको परिमाणमा धेरै फरक पर्दछ।

नोटः बाष्प टर्बाइन र ग्यास टर्बाइनको कार्यक्षमता गणना Annex 15 मा दिइएको छ।

परिच्छेद ४: औद्योगिक क्षेत्रमा ऊर्जा बचतका अवसरहरु

४.१ विद्युत भार र माग व्यवस्थापन (Electrical load and demand management)

नेपालमा औद्योगिक क्षेत्रको लागि अपनाइएको विद्युत बिजकमा दुई भाग हुन्छन् जहाँ उपभोक्ताले दुई घटक (component) को लागि भुक्तानी गर्दछन्:

- बिजक अवधिभरमा अभिलेख राखीएको अधिकतम माग (kVA) को लागि; र
- बिजक अवधिभरमा खपत गरिएको ऊर्जा (kWh) को लागि।

उपभोक्ताको आवश्यकता अनुसार स्थिर राखिने क्षमता अनुसार अधिकतम माग शुल्क (Maximum Demand Charge) निर्भर हुन हुन्छ। उपभोक्ताकोमा जडित tri-vector मिटरले अन्य सुविधाहरु जस्तैः सक्रिय ऊर्जा (kW), प्रतिक्रियाशील ऊर्जा (KVAR), प्रत्यक्ष ऊर्जा (KVA) र पावर फ्याक्टर (PF) बाहेक बिल अवधिमा दर्ता भएको अधिकतम मागको रेकर्ड गर्दछ।

NEA ले एउटा ११ kV विद्युत आपूर्ति गर्ने कुनै उद्योगमा सामान्यतया निम्न ढाँचाको बिल निर्धारण गर्दछ। फरक भोल्टेज प्रणाली भएका उद्योग/इकाईहरुका लागि महशुल योजना समान हुँदैनन् र सेवा प्रदायक कम्पनीबाट प्रमाणित गरिनु पर्दछ। महशुल साधारणतया निश्चित समयावधि पश्चात परिवर्तन गरिन्छ।

Table 4.1: Electricity tariff (NEA) applicable to industrial sectors from Baishak to Mangsir 2074/75

क्र.सं.	अवधि	नेपाली रुपैयाँमा मूल्य/प्रतिघण्टा
१.	Peak time (5 PM to 11 PM), T1	१०.५०
२.	Normal time (५ AM to ५ PM), T2	०८.५२
३.	Off peak time (11 PM to 5 AM), T3	०५.४०
Demand charges		NPR.२५०/kVA

Table 4.2: Electricity tariff (NEA) applicable to industrial sectors from Poush to Chaitra 2074/75

क्र.सं.	अवधि	नेपाली रुपैयाँमा मूल्य/प्रतिघण्टा
१.	Peak time (5 PM to 11 PM), T1	१०.५०
२.	Normal time (5 AM to 5 PM), T2	०८.५२
३.	Off peak time (11 PM to 5 AM), T3	०८.५२
Demand charges		NPR.२५०/kVA

विद्युत भार व्यवस्थापनः उच्च माग अवधिमा विद्युतको प्रयोग घटाउन उपभोगको तालिका बनाउने प्रक्रियालाई विद्युत भार व्यवस्थापन भनिन्छ। यो उपायले उच्च माग अवधिमा भन्दा सामान्य वा कम माग अवधिमा महशुल कम हुने हुनाले विद्युतीय ऊर्जाको लागत घटाउन मद्दत गर्दछ।

माग व्यवस्थापनः सामान्यतया कारखानाको उत्पादनमा असर नपुर्याइ प्रणालीको उच्च माग घटाउन लिइने निर्धारित उपायहरुलाई माग व्यवस्थापन भनिन्छ।

यो उद्देश्य प्राप्त गर्न प्रयोग गरिने परम्परागत विधिहरु निम्न छन्:

- सहायक कारखानाहरुको कार्य आलोपालो गर्ने;
- लोड शेडिंग गर्ने (आवश्यकतानुसार);
- विद्युतीय ऊर्जाको वैकल्पिक श्रोतको उपयोग गर्ने, सहउत्पादन/captive generating इकाईहरु उपलब्ध गराउने;
- उच्च स्तरमा पानी जस्ता उत्पादनहरुको भण्डार गर्ने, विभिन्न अंगहरुको संयोजन गर्ने, तरल पदार्थहरुको तापक्रम तल/माथि गर्ने आदि;
- पावर फ्याक्टरमा सुधार ल्याउने।

स्वचालित माग नियन्त्रकहरुको प्रयोग गरेर कम प्राथमिकताका भारहरुलाई बन्द गर्दै अधिकतम मागलाई घटाउन सकिन्छ।

४.२ पावर फ्याक्टर व्यवस्थापन

पावर फ्याक्टर (PF) कार्यरत ऊर्जा र प्रत्यक्ष ऊर्जाको अनुपात हो। जब करेन्ट भोल्टेज भन्दा पछाडि हुन्छ {इन्डक्टिभ भार (Inductive Load) मा}, यसलाई lagging पावर फ्याक्टर भनिन्छ र करेन्ट भोल्टेज भन्दा अगाडि हुन्छ {क्यापासिटिभ भार (Capacitive Load) मा}, यसलाई leading पावर फ्याक्टर भनिन्छ।

Power Factor = [Working Power (kW) /Apparent Power (kVA)] = Cos ϕ

PF = [kW/kVA] = Cos ϕ

जब पावर फ्याक्टर एक (One) को नजिक कायम गरिन्छ, भारले खपत गर्ने ऊर्जा घट्दछ र अन्ततः उच्चतम माग घट्न पुग्दछ। यसले भारले खपत गर्ने घटेको प्रतिक्रियाशील प्रवाह (Reactive Current) को कारणबाट हुने विद्युतीय चुहावटलाई पनि घटाउँछ। यसबाट प्रणालीको क्षमता बढाउन मद्दत पुग्दछ।

उचित क्षमताका capacitor हरुको जडान र मर्मतसम्भार गर्नाले inductive load को reactive power घटन गई उपभोगकर्तातर्फ पावर फ्याक्टरमा सुधार ल्याउनु मद्दत गर्दछ। यस उपायले भोल्टेजमा सुधारबाट हुने फायदाहरु पनि प्राप्त गर्न सकिन्छ।

क्यापासिटर जडानद्वारा PF सुधारका फायदाहरुः

- प्रणालीको reactive component मा कमि आउनुको कारण प्रणालीमा श्रोततर्फ कुल करेन्टमा पनि न्यूनिकरण हुन्छ;
- करेन्टमा कमि हुनाले प्रणालीमा I^2R ऊर्जा चुहावटमा न्यूनिकरण हुन्छ,
- भारतर्फ भोल्टेजको स्तरमा बृद्दि हुन्छ ;
- उच्च पावर फ्याक्टरले विद्युतीय प्रणालीको पूर्ण क्षमताको उपयोग गर्न मद्दत गर्दछ।

४.३ विद्युतीय मोटरको कार्यक्षमतामा सुधारः

विद्युतीय मोटरको संचालन क्षमतामा निम्न तरिकाहरुबाट सुधार ल्याउन सकिन्छः

४.३.१ मोटर प्रणालीको मर्मतसम्भार

विद्युतीय मोटरहरुद्वारा चलाईने उपकरणहरुको सरसफाई, लुब्रिकेसन र correct alignment को सुनिश्चितता, drive couplings र गियर वा बेल्ट प्रणालीहरु जहाँ शाफ्टको क्रमबद्दतामा गरिने साना परिवर्तनहरुले पनि अत्याधिक खपत र ऊर्जा चुहावट, कम्पन र असामयिक असफलता निम्त्याउन सक्ने भएकोले त्यस्तो कुरामा विशेष ध्यान दिनु अत्यन्त महत्वपूर्ण हुन्छ।

मोटरहरु धेरै नतातोस् भन्ने सुनिश्चितताको लागि ventilation grills and fans हरुको सरसफाई नियमित रुपमा गर्नु पर्दछ। जब मोटरको तारहरु (conductors) को तापक्रम बढ्छ, प्रतिरोध (resistance) बढ्न गई विद्युतीय ताप चुहावट (heat loss) बढ्छ जसकारण दक्षता (efficiency)मा कमि आउँछ र मोटरको आयु घट्न जान्छ।

४.३.२ आपूर्ती भईरहेको भोल्टजलाई rated specification अनुसार कायम/नजिक राखे

डिजाईन भोल्टेजको ९५% भन्दा कममा संचालन गर्दा विद्युतीय मोटरको दक्षता लगभग २ देखि ४ प्रतिशत घट्छ र सर्भिस तापक्रम २०°F सम्म बढ्न गई इन्सुलेसनको आयुमा ठूलो ह्रास आउँछ। मोटरलाई डिजाईन भोल्टेज भन्दा बढीमा संचालन गर्दा पनि पावर फ्याक्टर र दक्षतामा कमि आउँछ। त्यस्तै असन्तुलित भोल्टेज आपूर्तिमा मोटर चलाउनाले समेत यसको कार्यसम्पादनमा ह्रास आउँछ।

४.३.३ Rewinding losses घटाउने

Rewinding गर्नु भन्दा अगाडि stator core बाट winding को stripping गर्दा प्रयोग गरिने तापले पछी मोटरमा उच्च तापक्रम उत्पन्न हुने जोखिम उत्पन्न गराउँछ। यस तापक्रमले धेरैजसो अवस्थामा stator core स्टिलको विद्युतीय विशेषताहरुमा असर गर्दछ र iron loss मा बृद्धि गर्दछ तथा मोटरको दक्षतामा ह्रास ल्याउँछ। त्यसकारण rewinding ले मोटरको दक्षता र विश्वस्तता (reliabilility) घटाउँछ। कुनै पनि मोटरको खरिद गर्दा पछि rewinding वा मोटर खोलखाल गरिसके पछि तुलना गर्नको लागि no load electrical parameters को रेकर्ड राख्न सधैं सल्लाह दिईन्छ।

४.३.४ दक्ष पेटी (belt) र गियरहरुको प्रयोगद्वारा प्रशारण दक्षता अनुकूलन (optimization) गर्ने

शक्ति प्रशारण उपकरण (power transmission equipment) ले विद्युतीय मोटरले गर्ने ऊर्जा खपतमा महत्वपूर्ण भुमिका खेल्दछ। श्याफ्ट, बेल्ट, चेन र गियर लगायतका मोटरको ऊर्जा प्रशारण उपकरणहरु उचित तवरले जडान र मर्मतसम्भार गरिनु पर्दछ। V-belt को बदलामा फ्ल्याट बेल्टको प्रयोगले प्रशारण दक्षतामा सुधार ल्याउँछ।

४.३.५ Motor loading अनुकूलन (optimization)

मोटरको भार कम गर्नाले दक्षतामा कमि आउँछ, पावर फ्याक्टर घटाउँछ, मोटरमा शुरुको लागत र त्यसको सम्बन्धित नियन्त्रण उपकरणको लागत र जडान खर्च बढाउँछ। क्षमता भन्दा कम भार (under loading) मा मोटर सञ्चालन गर्नाले यसको starting torque समेत बढ्न जान्छ र मोटरको साईज बढ्न जान्छ। स्वाभाविक रुपमा ठूला मोटरहरु साना मोटरहरु भन्दा उच्च दक्षताका हुन्छन्। त्यसकारण साधारणतया डिजाइन क्षमताको ६० - ७०% वा सोभन्दा बढी क्षमतामा संचालन भइरहेका मोटरहरुको प्रतिस्थापनको लागि सिफारिस गरिँदैन।

सामान्यतया तय गरिएको भन्दा ४०-४५% कम क्षमतामा संचालन हुने मोटरहरुको लागि डेल्टा/स्टार स्विचहरु राख्नु सस्तो र प्रभावकारी विधि उपयोगी हुन्छ। स्तरीय डेल्टा operation mode बाट स्टार operation mode मा परिवर्तन गर्नको लागि थप लागतको आवश्यकता पर्दछ। मोटरलाई star mode मा संचालन गर्दा लाइन भोल्टेज √३ प्रति फेजको दरले भोल्टेज बढ्न पुग्दछ। Delta mode मा मोटरको output एक तिहाईमा झर्न पुग्दछ तर performance characteristic र भार परिवर्तन हुँदैन। त्यसकारण star mode मा Full Load मा मोटर संचालन गर्दा delta mode मा आंशिक भार संचालन गरेको भन्दा अधिक दक्षता र पावर फ्याक्टर प्राप्त हुन्छ। यद्यपि torque to speed requirement संगै भार घट्ने अनुप्रयोग (application) मा मात्र star mode मा मोटर संचालन संभव हुन्छ।

४.३.६ इन्डक्सन मोटरको गति नियन्त्रण

इन्डक्सन मोटर एउटा asynchronous मोटर हो जसमा frequency परिवर्तन गरेर गतिमा विविधता ल्याउन सकिन्छ। अरु माध्यमहरु जस्तैः Input भोल्टेज परिवर्तन गरेर, रोटर सर्किटको resistance परिवर्तन गरेर, multi speed windings को प्रयोग, मेशिनरी पाटपुर्जाहरु जस्तैः गियर र घिर्नीहरु प्रयोग, eddy current वा fluid couplings को प्रयोग अथवा rotatory वा static भोल्टेज र frequency convertor प्रयोग गरेर पनि गतिमा विविधता ल्याउन सकिन्छ। आवश्यक गति नियन्त्रण रणनीति अपनाउनु भन्दा अगाडि मोटरको लागत मूल्य, भार चक्र, गति नियन्त्रणको दायरा, मर्मत-सम्भार, विश्वस्तता (reliability) र विशेष नियन्त्रणको लागि आवश्यक कुराहरु बारे बिचार गरिनु पर्दछ।

भार (load) का विशेषताहरु विशेषतः महत्वपूर्ण हुन्छन्। भार भन्नाले torque output र तदानुरुपको गति भन्ने बुझिन्छ र यसलाई constant torque, variable torque र constant power मा बर्गिकरण गर्न सकिन्छ। Constant torque loads ती हुन जसमा output power requirements गति (speed) संगै परिवर्तन हुन सक्छ तर conveyor, rotatory kiln र constant displacement pump हरुमा जस्तो torque

परिवर्तन हुँदैन। Variable torque loads ती हुन् जसमा centrifugal पम्प र पंखाको जस्तै torque requirements मोटरको गतिसंगै परिवर्तन हुन्छ। Constant power loads ती हुन् जसमा torque requirements विशेषतः गति बढ्दा घट्छ र गति घट्दा बढ्छ। मेशिनरी औजारहरु constant power loads का सामान्य उदाहरण हुन्।

Variable torque अनुप्रयोग (application) संगै variable speed drives को प्रयोग गरेर धेरै विद्युत बचत गर्न सकिन्छ।

४.४ बत्ती (Lighting) को कार्यक्षमतामा सुधार

Lighting system मा निम्न माध्यमहरुद्वारा ऊर्जा बचत प्राप्त गर्न सकिन्छः

- Lighting Control हरुको प्रयोग गरेर;
- दिनको उज्यालोको उच्चतम प्रयोग गरेर;
- Exclusive transformer वा lighting voltage controller जडान गरेर;
- Conventional ballasts को स्थानमा high frequency electronic ballasts जडान गरेर;
- T-8/T-5 FTLS द्वारा T-12 FTLS लाई प्रतिस्थापन गरेर;
- परम्परागत बत्तीको स्थानमा ऊर्जा दक्ष LED बत्तीहरुको जडान गरेर।

४.५ कम्प्रेस्ड हावा प्रणाली (Compressed Air System) मा हुन सक्ने अवसरहरु

कारखानामा कम्प्रेस गरिएको हावा ऊर्जाको महँगो श्रोत मध्येको एक हो। सामान्यतया लागत (input) विद्युतीय ऊर्जाको १० देखि २० प्रतिशत मात्र प्रयोग हुने स्थान (end use) सम्म पुग्दछ। बाँकी रहेको ऊर्जा अनावश्यक तापमा परिवर्तन भएर वा चुहावट भएर खेर जान्छ। यसकारण यदि कम्प्रेस गरिएको हावा प्रयोग गरिएमा यसलाई निरन्तर रुपमा निरिक्षण गरिनुका साथै अन्य विकल्पहरुसंग तुलना गरिनु पर्दछ।

कारखाना संचालनको लागि कम्प्रेसरहरु आवश्यक हुने भए तापनी तिनिहरुमा कुनै किसिमको खराबी नआउँदासम्म वा हावाको बढ्दो माग पुर्याउन कम्प्रेसर असफल नहुँदासम्म तिनलाई प्रायजसो बेवास्ता गरिन्छ। Compressor को अपर्याप्त मर्मतसम्भारका कारणले compression efficieny मा ह्रास ल्याउँछ, हावा चुहावट वा pressure variablity बढाउँदछ, संचालन तापक्रम (operating temperature) बढाउँछ, आर्द्रता नियन्त्रण शक्ति घटाउँछ र अत्याधिक दुषित हुन जान्छ। उचित मर्मत-सम्भार गर्नाले माथि उल्लेखित समस्याहरु घट्न गई ऊर्जा बचत हुन्छ। विस्तृत कम्प्रेसर कार्यक्षमता (compressor performance) को गणना विवरण (calculation) Annex 9 मा दिइएको छ। ऊर्जाको बचत निम्न तरिकाहरुबाट प्राप्त गर्न सकिन्छ:

४.५.१ चिसो हावा भित्र्याउने (cool air intake)

Intake air temperature ४°C बढ्दा समान स्थिति (identical condition) मा रहेको उत्तिकै आयतन (same volume) को हावालाई कम्प्रेस गर्न १% बढी ऊर्जाको खपत हुन जान्छ। यसले भित्र आउने हावा (intake air) जति चिसो भयो उति कम्प्रेसन दक्षता प्राप्त हुन्छ भन्ने जनाउँछ।

४.५.२ धुलोमुक्त हावा भित्रयाउने (Dust free air intake)

कम्प्रेसरमा intake air filter जडान गर्नु पर्दछ वा कम्प्रेसरको मर्मतसम्भार न्यूनिकरण गर्नको लागि स्वच्छ र चिसो स्थानबाट आएको हावा प्रयोग गरिनु पर्दछ । बारम्बारको सफाई र प्रतिस्थापन (replacemnt) बाट जोगिन हावा फिल्टर (air filter) हरु उच्च धुलो छान्ने क्षमता, कम चाप (Pressure) गिरावट र बलियो डिजाइनको हुनु पर्दछ। Thumb rule अनुसार choked filters आदिको कारणले प्रत्येक २५० mm WC सक्सन मार्गमा चाप गिरावट हुँदा कम्प्रेसरले समान परिमाणको कार्य गर्दा लगभग २ प्रतिशतले ऊर्जा खपत बढ्छ।

४.५.३ सुख्खा हावा भित्रयाउने (dry air intake)

भित्रिने हावा जति सुख्खा हुन्छ कम्प्रेसन दक्षता त्यतिनै बढी हुन्छ। भित्रिने हावामा भएको आर्द्रताले कम्प्रेसरका पाटपुर्जाहरु जस्तैः भल्भहरु र पिस्टन रिङ्गहरुको कार्यदक्षता (performance) र कम्प्रेसरको ऊर्जा कार्य दक्षतालाई बिगार्ने गर्दछ।

४.५.४ वितरण चाप (delivery pressure) घटाउने

कम्प्रेसरले खपत गर्ने ऊर्जाको संचालन चाप (operating pressure) र तय गरिएको क्षमता (rated capacity) संग सिधा सम्बन्ध हुन्छ। समान परिमाणको हावा कम्प्रेस गर्न संचालन चाप जति बढी भयो उतिनै बढी ऊर्जा आवश्यक हुन्छ। त्यस्तै चलायमान भागहरु (moving parts) मा बढी यान्त्रिक भार (mechanical load) पर्नाले तिनिहरु अत्याधिक खिइन्छ र बढी ऊर्जा खेर जान्छ। कम्प्रेसरमा १ bar ले वितरण चाप (delivery pressure) घटेमा ऊर्जा खपतमा ६ देखि १०% ले कमि आउँछ।

४.५.५ संकुचित हावा (compressed air) को दुरुपयोगमा कमि ल्याउने

संकुचित हावाबाट शरिर सफा गर्न, तरल खल्बल्याउन (agitation), भुईं सफा गर्न, सुख्खा गर्न, उपकरणहरु चिस्याउनमा तथा यस्तै अन्य प्रकारका प्रयोगहरु निरुत्साहित गरिनु पर्दछ। सम्भव भएसम्म, blower बाट कम चापको हावा दिई संकुचित हावाको विकल्पको रुपमा प्रयोग गरिनु पर्दछ, उदाहरणको लागि प्रज्वलन (combustion) को लागि secondary air को प्रयोग।

४.५.६ हावा चुहावट (air leakage) बन्द गर्ने

संकुचित हावाको चुहावट सबैभन्दा व्यापक ऊर्जा खेर जाने कारण हो। संकुचित हावाको ४०% सम्म र सोभन्दा बढीको चुहावट धेरै सामान्य मानिन्छ। चुहावट प्रायजसो air receivers, relief valve, pipes hose joints, shut off valves, quick release couplings जस्ता औजारहरु र उपकरणहरुमा हुने गर्दछ।

प्रायशः राम्रोसंग नगरिएको मर्मत सम्भार र भुमिगत लाइनहरुको अनउपयुक्त जडान चुहावटका कारक हुन्।

४.५.७ ताप पुनर्लाभ (Heat Recovery)

Air compressor ले उपभोग गर्ने लगभग ८०-९३ प्रतिशत विद्युतीय ऊर्जा तापमा परिणत हुन्छ। धेरैजसो उचित तवरले डिजाइन गरिएको ताप पुनर्लाभ इकाईले उपलब्ध तापीय ऊर्जाको ५०-९० प्रतिशतसम्म पुनर्लाभ गर्न सक्दछ र त्यसलाई हावा वा पानी तताउनको लागि प्रयोग गर्न सक्छ।

पुनर्लाभ भएको तापको सामान्य प्रयोगहरुमा space heating, industrial process heating, पानी तताउने, make up air heating, र boiler make up water preheating पर्दछन्। यद्यपि कम्प्रेस्ड हावा प्रणालीबाट पुनर्लाभ गरिएको ताप सामान्यतया बाष्प उत्पादनमा सिधै प्रयोग गर्नको लागि चाहिएको जति तातो हुँदैन।

४.६ बोइलर र बाष्प (Boiler and Steam) प्रणालीमा अवसरहरु

कम प्रज्वलनशीलता (poor combustion), ताप स्थानान्तरणमा कमजोरी (heat transfer fouling) तथा राम्रोसंग नगरिएको मर्मत सम्भारका कारण बोइलरको कार्यक्षमता जस्तैः दक्षता र बाष्पीकरण अनुपात (evaporation ratio) समयक्रमसंगै घट्दै जान्छ। गुणस्तरहीन इन्धन र पानीको प्रयोगले पनि बोइलरको कार्यक्षमतामा ह्रास ल्याउँदछ। दक्षता परिक्षण गर्नाले निर्धारित दक्षता (rated efficiency) मा कति मात्राले बोइलरको कार्यक्षमतामा कमि आएको छ भनेर पत्ता लगाउन मद्दत गर्दछ। त्यसकारण अवलोकन गरिएको असामान्य विचलन (abnormal deviations) लाई अनुसन्धान गरी समस्याग्रस्त क्षेत्र पत्ता लगाई आवश्यक सुधारात्मक कार्य गर्न सकिन्छ। तसर्थ बोइलरको कार्यक्षमता मुल्यांकनको लागि विद्यमान दक्षता (efficiency) को स्तर पत्ता लगाउन आवश्यक छ जुन औद्योगिक क्षेत्रमा ऊर्जा खपत कार्यको लागि पूर्वशर्त हो।

सामान्यतया दक्षता मापनका दुई विधिहरु छन् जुन तल दिइएका छन्:

क) प्रत्यक्ष विधि (Direct Method): जसमा working fluid (पानी र बाष्प) को ऊर्जा लाभ (energy gain) लाई बोइलरको इन्धनको ऊर्जाको मात्रा (energy content) संग तुलना गरिन्छ।

ख) अप्रत्यक्ष विधि (Indirect Method): जसमा चुहावट (losses) र ऊर्जा लागत (energy input) बीचको फरक नै दक्षता हुन्छ।

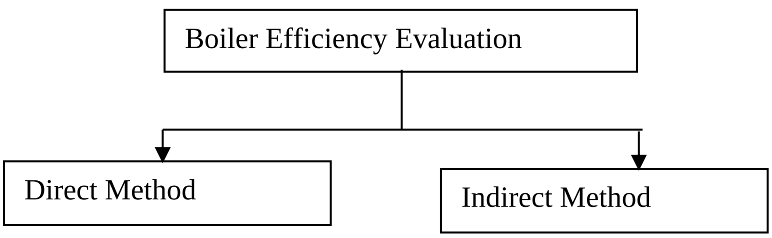


Figure 4.1: Boiler Efficiency Calculation Methods

नोटः बोइलर दक्षता गणनाको लागि प्रत्यक्ष र अप्रत्यक्ष विधिहरुको विवरण Annex 6 (a) र (b) मा दिइएको छ।

- बोइलरको कार्यक्षमता मुल्यांकनको लागि तथ्यांक संकलन ढाँचा Annex 6 (d) मा दिइएको छ।
- बोइलर र बोइलर भवनको योजनाबद्ध रेखाचित्र Annex 6 (f) मा दिइएको छ।
- सतहको ताप चुहावट गणनाको लागि विस्तृत गणना पाना Annex 8 मा दिइएको छ।

४.७ रेफ्रिजेरेसन र वातानुकुलन प्रणाली

स्थान, वस्तु वा प्रणालीको तापक्रमलाई घटाएर वा कम गरेर वरपरको तापक्रम भन्दा कम कायम गर्ने प्रक्रिया नै रेफ्रिजेरेसन हो। यस प्रकृयामा ताप कम तापक्रम भएको स्थानबाट बढी तापक्रम भएको स्थानमा फ्याकिन्छ। अर्को शब्दमा रेफ्रिजेरेसन भनेको अप्राकृतिक (मानव निर्मित) चिस्याउने प्रक्रिया हो।

वातानुकुलनलाई रेफ्रिजेरेसन जस्तै मान्न सकिन्छ जसमा भवन/स्थानको तापक्रम, आर्द्रता र हावाको गुणस्तर चाहिएको वा इच्छित अवस्थामा स्थिर गराउन सकिन्छ। यसको लागि प्रणालीहरुले ताप र ओसिलोपना हावाको भित्र वा बाहिर स्थानान्तरण गर्नु आवश्यक हुन्छ र हावामा हुने प्रदुषकहरुको मात्रालाई सिधै हटाएर वा स्वीकार्य स्तरसम्म पातलो बनाएर नियन्त्रण गर्दछ।

दुबै अवस्थाहरुमा ताप स्थानान्तरणको कार्य परम्परागत रुपमा यान्त्रिक माध्यामबाट हुन्छ तर तापीय, चुम्बकीय, विद्युतीय, लेजर र अन्य माध्यमबाट पनि ताप स्थानान्तरण गर्न सकिन्छ। रेफ्रिजेरेसनको प्रयोग घरायसी रेफ्रिजेरेटर, व्यावसायिक फ्रिजर, क्रायोजेनिक्स र वातानुकुलनमा मात्र सिमित नभएर अन्य धेरै अनुप्रयोगहरु छन्। Heat pump हरुले रेफ्रिजेरेसन प्रक्रियाबाट बाहिरिने ताप प्रयोग गर्न सक्दछन् र यस अवस्थामा रेफ्रिजेरेसन र वातानुकुलन इकाईहरुको काम गर्ने प्रकृया समान हुन्छन्। तर heat pump लाई revesible system मा समेत डिजाइन गर्न सकिन्छ। HVAC कार्यक्षमता गणनाको विवरण Annex 9 मा र कुलिङ टावरको कार्यक्षमता गणनाको विवरण Annex 12 मा दिइएको छ। रेफ्रिजेरेसन र वातानुकुलनलाई मोटामोटी रुपमा दुई किसिममा वर्गिकरण गर्न सकिन्छः

४.७.१ भेपोर कम्प्रेसन (vapour compression) प्रकार

प्राकृतिक अवस्थामा ताप तातो वस्तुबाट चिसो वस्तुमा बग्दछ। तर रेफ्रिजेरेसन प्रणालीमा यसको बिपरित हुन्छ अर्थात ताप चिसोबाट तातो वस्तुमा सर्दछ। यस प्रणालीमा रेफ्रिजेरेन्ट प्रयोग गरिन्छ जसले तापलाई सोस्छ र कम चापमा उम्लिन्छ अनि वाष्पमा परिणत हुन्छ।

रेफ्रिजेरेसन प्रणालीको कार्यपद्दति तल देखाइएको छ र निम्न चरणहरुमा बिच्छेद गर्न सकिन्छ।

1 - 2 इभेपोरेटरमा रहेको कम चापको तरल रेफ्रिजेरेन्टले वरपरबाट, प्रायजसो हावा, पानी वा अन्य केही प्रक्रियारत तरलहरुबाट ताप सोस्दछ। यस प्रक्रियाको दौरान यो तरल अवस्थाबाट ग्यासमा परिवर्तन हुन्छ र इभेपोरेटरबाट बाहिरिँदा यो केही मात्रामा superheated अवस्थामा हुन्छ।

2 - 3 Superheated vapour कम्प्रेसरमा प्रवेश गर्दछ जहाँ यसको चाप बढ्न जान्छ। त्यहाँ तापक्रममा पनि ठूलो मात्रामा बृद्धि हुन्छ किनकि कम्प्रेसन प्रक्रियामा खपत भएको ऊर्जाको मात्रा रेफ्रिजेरेन्टमा स्थानान्तरण हुन्छ।

3 - 4 उक्त उच्च चापको superheated vapour कम्प्रेसरबाट कन्डेन्सरमा जान्छ। चिस्याउने प्रक्रियाको शुरुवात (3-3a) मा उक्त ग्यासलाई तरलमा (saturated liquid) मा परिवर्तन (3a - 3b) गर्नु अघि saturated vapour मा परिवर्तन हुन्छ। यस प्रक्रियाको लागि चिस्याउने काममा हावा वा पानीको प्रयोग गरिन्छ। तरल पुग्ने स्थान र पाइप कार्यमा (3b - 4) अझै केही तापक्रम न्यून हुन जान्छ जसकारण उक्त तरल रेफ्रिजेरेन्ट expansion device मा प्रवेश गर्दा थप चिसो हुन्छ।

4 - 1 उक्त उच्च चापको थप चिस्याइएको तरल expansion device भएर जान्छ जसले यसको चाप घटाउने र इभेपोरेटरमा पुग्दा बहाव (flow) नियन्त्रण गर्ने दुबै काम गर्दछ।

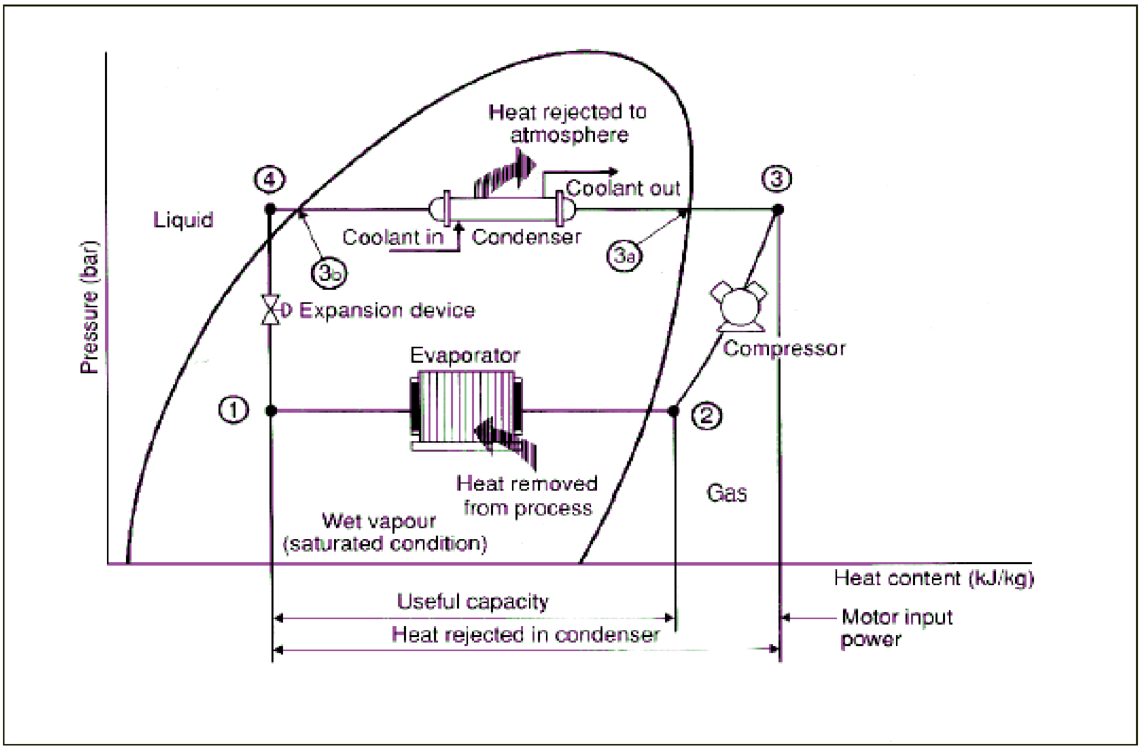


Figure 4.2: Schematic Diagram of a Basic Vapour Compression Refrigeration System

Source: Energy Efficiency in Electrical Utilities, BEE.

इभेपोरेटर र कम्प्रेसरको combined input heat अस्वीकार गर्न सक्ने क्षमताको कन्डेन्सर हुनु पर्दछ। expansion device मा ताप चुहावट र बृद्धि हुँदैन।

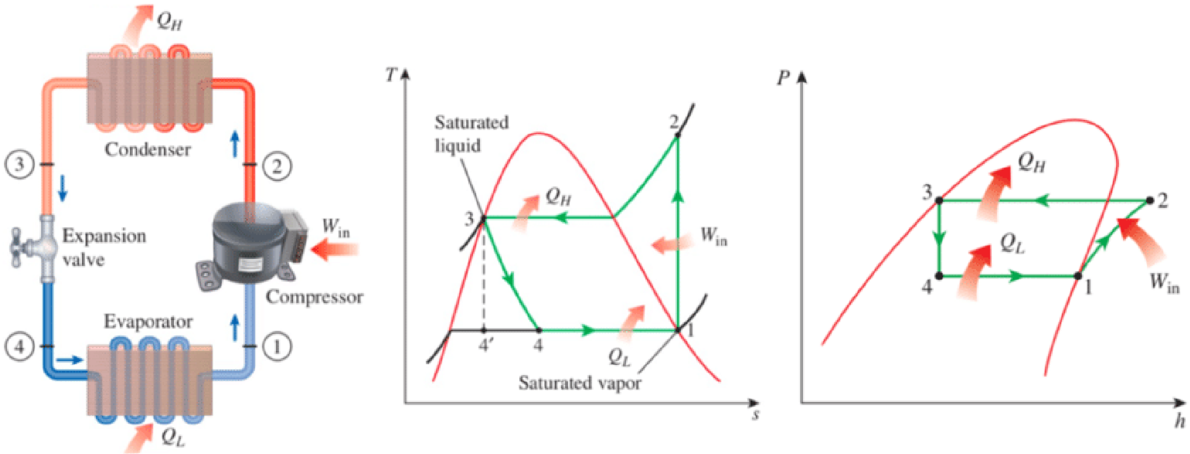


Figure 4.3: T-s and P-h diagram of refrigeration cycle

Source: Energy Efficiency in Electrical Utilities, BEE.

४.७.२ Vapour absorption प्रकार

Vapour absorption को रेफ्रिजेरेसनमा चिस्याउने काम वाष्प, तातो पानी, ग्यास, तेल आदिको तापको प्रयोगले प्राप्त गरिन्छ। न्यून तापक्रममा रहेको तरल (रेफ्रिजेरेन्ट) वाष्पमा परिणत हुन्छ र वाष्पमा परिणत हुँदा आफ्नो वरपरको ताप खिँच्ने गर्दछ र चिसो उत्पादन हुन्छ। शुद्ध पानीलाई रेफ्रिजेरेन्टको रुपमा र लिथियम ब्रोमाइडको घोल (solution) लाई शोषक (absorbent) को रुपमा प्रयोग गरिन्छ। Vapour absorption रेफ्रिजेरेसन प्रणालीको लागि चाहिने ताप प्रक्रियाबाट खेर गएको ताप खिँचेर र डिजेल जेनेरेटर सेट आदिबाट उपलब्ध गराउन सकिन्छ। Absorption प्रणालीमा पम्प संचालन गर्न मात्र विद्युत आवश्यक पर्दछ। आवश्यक तापक्रम र ऊर्जा लागत अनुसार, absorption प्रणाली संचालन गर्नको लागि बाष्प वा ताप उत्पन्न गर्नु नै मितब्ययी हुन सक्छ (APO 2010)। वाष्प अवशोषण (vapour absorption) रेफ्रिजेरेसनको Schematic तलको चित्रमा दिइएको छः

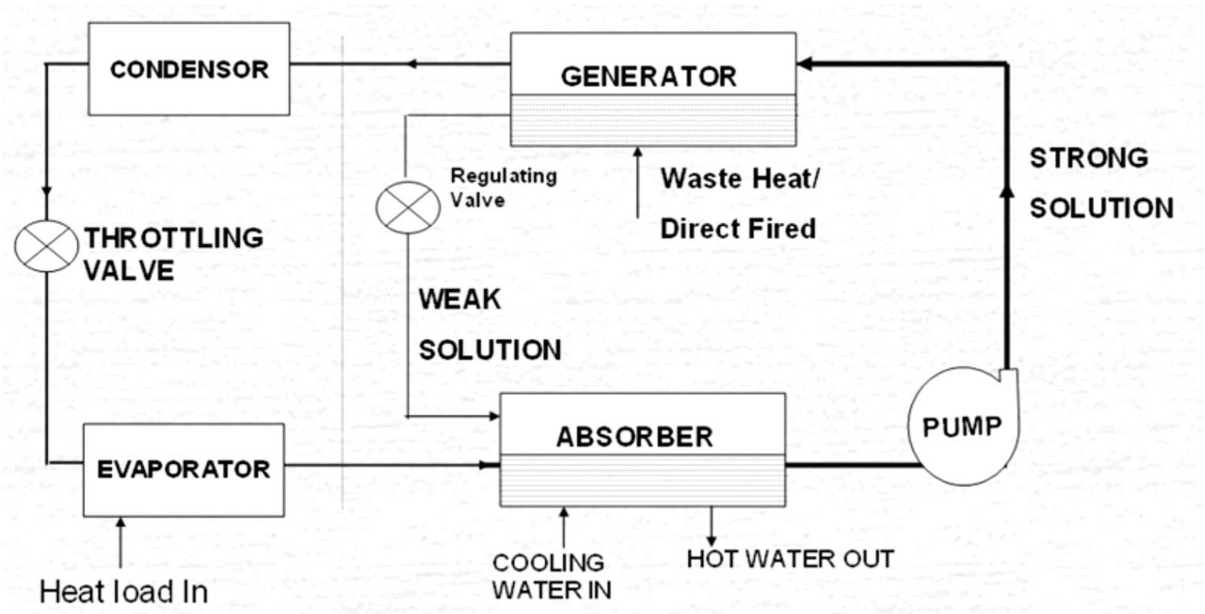


Figure 4.4: Schematic of a Basic Vapour absorption Refrigeration System

Source: Training Manual on Energy Efficiency for Small and Medium Enterprises, APO.

ऊर्जा बचत विधिहरुः

क) प्रोसेस हिट एक्स्चेन्जर र इभेपोरेटरहरुलाई उचित आकारको बनाउने

रेफ्रिजेरेसन र वातानुकुलन प्रणालीमा भार न्यूनिकरण गर्नको लागि प्रोसेस हिट एक्स्चेन्जरको ताप स्थानान्तरण क्षेत्रलाई उचित आकार दिनुका साथै आवश्यक तापक्रमको अनुकूलन गर्नु आवश्यक हुन्छ। इभेपोरेटरमा १ डिग्री सेलसियस तापक्रम बढ्दा लगभग ३% सम्म ऊर्जा खपतमा बचत हुन सक्छ।

ख) हिट एक्स्चेन्जरहरुको मर्मतसम्भार

डिजाइन सिमाभित्र ऊर्जा खपत कायम राख्नको लागि हिट एक्स्चेन्जर सतहहरु सफा राख्नु धेरै महत्वपूर्ण हुन्छ। यदि कन्डेन्सर दुषित भएमा कम्प्रेसरलाई कन्डेन्सिङको लागि चाहिने तापक्रममा बृद्धि हुन जान्छ जसकारण इच्छित क्षमता प्राप्त गर्न कम्प्रेसरले बढी काम गर्नुपर्ने हुन्छ। यसैगरी बिग्रिएको इभेपोरेटर प्रयोग गर्दा पनि ऊर्जा खपतमा बृद्धि हुन्छ।

ग) बहुतह (multilevel) को रेफ्रिजेरेसन

तापक्रमको दायरा र आवश्यक रेफ्रिजेरेसनको तह रेफ्रिजेरेसन प्रणाली छनौट गर्नुमा एक महत्वपूर्ण निर्णायक कारण हुन्छ। आवश्यक तापक्रम दायरा धेरै फराकिला भएका अनुप्रयोगहरुमा बहुतह भएको रेफ्रिजेरेसन प्रणालीको प्रयोग बढी मितब्ययी हुन्छ। व्यावसायिक क्षेत्रहरुले भार पुर्‍याउन केन्द्रस्थान (central location) मा कम्प्रेसर बैङ्कहरु राखेर प्रयोग गर्दछन्।

घ) चिस्याइएको पानी (chilled water) को भण्डारण

तापक्रममा थोरै विविधता स्वीकार्य हुने अनुप्रयोगहरुमा इन्सुलेसन भएको चिस्याइएको पानी भण्डारण सुविधा उपलब्ध हुनु मितब्ययी हुन्छ। उक्त भण्डारण पुरा भरेर राखेमा प्रक्रियाको आवश्यकता (process requirement) प्राप्त गर्न सकिन्छ जसकारण चिस्याउने यन्त्रहरु निरन्तर संचालन गरिरहनु पर्दैन। कम विद्युत माग भएको समयमा chillers संचालन गर्दा peak demad charge घट्नु नै यस प्रणालीको थप फायदा हो। भण्डारण सुविधाको प्रयोगले केही विद्युतीय उपभोगकर्ताले रातीको समयको लागि प्रस्ताव गरेको न्यून विद्युत महशुलको फायदा पनि यसबाट लिन सक्छ। रातको समयमा न्यून ambient तापक्रमले कन्डेन्सरको तापक्रम घटाउँछ जुन एउटा थप फायदा हो र यसबाट दक्षतामा बृद्धि हुन्छ।

ङ) इन्सुलेसन

चिसो सतहबाट तापको बहन (heat flow) कम गर्न इन्सुलेसन प्रयोग गरिन्छ। Cold lines, हिट एक्स्चेन्जरहरुमा आर्थिक रुपमा मितब्ययी इन्सुलेसन मोटाइको प्रयोग गरी प्राप्त हुने तापको लागत मूल्य नै लागत-प्रभावी विधि (cost effective measure) हो भन्ने मान्यता राखी ऊर्जा बचत प्राप्त गर्न सकिन्छ। छानामा कोटिङ गर्ने /चिस्याउने प्रणाली जडान गर्ने र मिलेमा फल्स सिलिङ राख्ने कार्य गरेर पनि रेफ्रिजेरेसन भार कम गर्न सकिन्छ।

च) Variable Speed Drive को प्रयोग

Constant-speed reciprocating कम्प्रेसरले सिलिन्डरमा लोड र अनलोड गरेर भारसंग क्षमता मिलाउँछ। यद्यपि यो चिस्याउने यन्त्रको क्षमता नियमित गर्ने दक्ष तरिका होइन। दिइएको दायरामा variable speed drive ले उल्लेख्य मात्रामा ऊर्जा वचत गराउँछ।

छ) चिस्याउने भार (cooling loads) घटाउने वा अनुकूलन (optimize) गर्ने

रेफ्रिजेरेसन प्लान्ट चलाउन लाग्ने चालु लागतमा चिस्याउने भारको अनुकूलनको महत्व धेरै हुन्छ। यदि चिस्याउने भार आवश्यक भन्दा बढी भएमा अझै बढी चिसो चाहिन्छ। अन्ततः यसले ऊर्जा खपत बढाउँछ र संचालन खर्चमा समेत बृद्धि गर्दछ।

ज) सामान्य उपायहरु

- FRP इम्पेलर र film fill, PVC drift eliminator आदि संगै चिस्याउने टावरको प्रयोग गर्ने;
- Indirect heat exchanger द्वारा ताजा हावालाई pre-cool गर्नको लागि air to air heat exchanger जस्ता ऊर्जा दक्ष ताप पुनर्लाभ उपकरणहरु अपनाउने; चिस्याउने प्रक्रिया पछि duct हिटर प्रयोग गर्नुको सट्टा indirect heat exchanger द्वारा सापेक्षित आर्द्रता नियन्त्रण गर्ने;
- Variable air volume प्रणालीहरु अपनाउने, ताप परावर्तनको लागि sun film अनुप्रयोग अपनाउने, वातानुकुलन क्षेत्रमा प्रकाशको भार अनुकूलन गर्ने, वातानुकुलन क्षेत्रमा पटक पटक हावा परिवर्तन गर्ने यस्ता केही उदाहरणहरु हुन्।
- खुला चिस्याउने श्रोतहरु जस्तैः Atmospheric कुलिङ टावरमा प्रयोग गर्ने कन्डेन्सरको पानी प्रदुषित हुन नदिन पानी प्रशोधन गर्नु आवश्यक हुन्छ। खिया लाग्ने अवस्थाहरु जस्तै: नलीबाट तिब्र गतिमा बग्दै गरेको बालुवाले नलीमा प्वाल पार्न सक्छ जसले नलीको कार्यक्षमतामा ह्रास ल्याइ दिन्छ। अप्रशोधित पानीले नली, पाइपहरु र अन्य औजारहरुमा क्षति पुर्याउन सक्छ।
- कुनैपनि चिस्याउने यन्त्रले दिन सक्ने चिस्यानको मात्रा त्यसले कम्प्रेसरबाट कति रेफ्रिजेरेन्ट प्रति समय (second, minutes or hours) बहन गर्न सक्छ भन्ने कुरामा निर्भर हुन्छ। रेफ्रिजेरेन्टको उचित मात्रा (level) कायम राख्नु महत्वपूर्ण हुन्छ। चुहावटका साथै हावा र ओसिलोपनाले दक्षता र प्रणालीको विश्वसनियता घटाउँछ। धेरैजसो चुहावटको कारणबाट कम रेफ्रिजेरेन्ट खपत हुन्छ जसकारण कम मात्र चिसोपना प्राप्त हुन्छ र कम्प्रेसरलाई बढी काम गर्नुपर्ने हुन्छ।
- सबै वातानुकुलन प्लान्ट घटकहरु (components) को निर्माणकर्ताहरुको निर्देशिका अनुसार नियमित मर्मत-सम्भारको सुनिश्चितता गर्ने;
- पर्याप्त परिमाणमा चिस्याइएको पानी र चिस्याउने पानीको बहावको सुनिश्चितता गर्ने, निश्क्रिय उपकरणहरुको भल्भ बन्द गरेर उपमार्गहरु (bypass) बाट बग्न नदिने;
- लाइनमा भार र कारखानाको क्षमतामा समानता ल्याउन आंशिक भार संचालन न्यून गर्ने, परिवर्तन भईरहने भार प्रकृयाको लागि variable speed drives अपनाउने;

- निश्चित ऊर्जा खपत न्यूनिकरण गर्न र क्षमता अधिकतम रुपमा वृद्धि गर्नको लागि निरन्तर कन्डेन्सर र इभेपोरेटरको प्यारामिटर अनुकूलन गर्ने।

४.८ पंखा र हावा फ्याँक्ने औजार (Blower) मा अवसरहरु

पंखा हावा र अन्य ग्यासहरु चलाउने यान्त्रिक उपकरण हो। यसले impeller को गतिजन्य ऊर्जा प्रयोग गरेर हावा/ग्यासको बहावको चाप बढाउँछ जसले यिनीहरुलाई कुनै प्रणालीका नली, damper र अन्य घटकहरु (components) को प्रतिरोधका बिरुद्ध चलयमान बनाउँछ। पंखाको कार्यक्षमताको गणना विवरण Annex 12 मा दिइएको छ।

पंखा, हावा फ्याँक्ने औजार र कम्प्रेसरका बीच भिन्नता

हावा फयाक्ने विधि र बिरुद्ध चाप प्रणाली (against the system pressure) को आधारमा पंखा, हावा फ्याँक्ने औजार र कम्प्रेस बीच भिन्नता छुट्याइन्छ। Americian Society of Mechanical Engineers (ASME) अनुसार विशेष अनुपात (specific ratio) का आधारमा पंखा, हावा फ्याँक्ने औजार र कम्प्रेसर बीच भिन्नता छुट्याइन्छ। फ्याँक्ने (discharge) चाप र तान्ने (suction) चापको अनुपातलाई विशेष अनुपात भनिन्छ। जस अनुसार पंखाले 1136 mmWg सम्मको चाप बृद्धि गर्दछ, हावा फ्याँक्ने औजारले 1136 देखि 2066 mmWg सम्म र कम्प्रेसरले सोभन्दा बढी चाप बृद्धि गर्दछ। तिनिहरुको विशिष्ट अनुपात र चाप बृद्धिको भिन्नता तलको तालिकामा दिइएको छः

Table 4.3: Difference between Fans and Blowers

उपकरण	विशिष्ट अनुपात	चाप बृद्धि (mmWg)
Fans	Up to 1.11	1136
Blowers	1.11 to 1.20	1136-2066
Compressors	More than 1.20	More than 2066

ऊर्जा बचतका विधिहरुः

- Working Pressure न्यून गर्ने;
- हावाको चुहावट घटाउने र हावाको आयतन अनुकुलन गर्ने;
- कुलिङ टावर/ Humidification प्लान्टहरुमा FRP पंखाको प्रयोग गर्ने;
- पंखा/हावा फ्याँक्ने औजारहरु उचित आकारको राख्ने;
- बहाव मिलाउन Variable Frequency Drives (VFDs) को प्रयोग गर्ने;
- उच्च दक्षताका पेटीहरु (cogged belts) प्रयोग गर्ने;
- प्रणालीको प्रतिरोध न्यून गर्ने।

४.९ पम्प प्रणालीमा अवसरहरु

यस ऊर्जा परिक्षणको क्रममा गरिएको अध्ययनले देखाए अनुसार औद्योगिक क्षेत्रहरुमा प्रयोग हुने पम्पहरुको औषत पम्पिङ दक्षता ४०% भन्दा कम देखियो। चाहिने भन्दा ठूलो आकारको पम्प र throttle भल्भको प्रयोग दक्षता गिरावटका दुई मुख्य कारकका रुपमा पहिचान गरिएका छन्। उपकरण वा नियन्त्रण प्रणाली परिवर्तन गरेर पम्पिङ प्रणालीहरुमा ३० देखि ५०% सम्म ऊर्जा बचत प्राप्त गर्न सकिन्छ। पम्पको कार्यक्षमताको गणना विवरण Annex 11 मा दिइएको छ। अदक्षताका केही कारणहरु र सुधारका उपायहरु तल दिइएका छन्:

Table 4.4: Potential causes of inefficiency and measures for improvement in Pumping System

अदक्षताका कारणहरु	सुधारका उपायहरु
Unnecessary demand on pumping system	Reduce demand on system
Oversized pumps	Select pump that operates near to BEP Change impeller Trim impeller Fit multiple-speed pump Use multiple-pump arrangements Fit lower speed pump/motor
Pump wear	Pump maintenance
Less efficient impeller	Change impeller
Inefficient pump throttling controls	As for oversized pumps Fit adjustable or variable-speed drive
Inefficient pump	Change pump
Inefficient piping configuration	Change piping inefficiencies
Oversized motor	Change motor
Inefficient motor	Change to high-efficiency motor

४.१० प्रक्रिया र ताप पुनर्लाभमा अवसरहरु

क) Blow down बाष्प पुनर्लाभ

बोइलर blow down बाष्प प्रणालीको पानीको उचित गुणस्तर कायम राख्नको लागि महत्वपूर्ण हुन्छ। यद्यपि अन्य फायदाजनक प्रयोगका लागि बाष्पलाई पुनर्लाभ नगरिएमा blow down मा उल्लेख्य ताप चुहावट हुन सक्छ। Blow down बाष्प सामान्यतया न्यूनस्तरको हुन्छ तापनि space heating र feed water preheating लागि प्रयोग गर्न सकिन्छ। ऊर्जा बचतका साथसाथै blow down बाष्प पुनर्लाभिले बाष्प प्रणालीको पाइपिङ (steam system piping) मा क्षय हुने सम्भावनालाई पनि घटाउन सक्छ।

ख) बोइलरमा जाने पानीलाई पहिले नै तताउने (pre-heat)

सम्भव भएमा flue gas को नलीमा इकोनोमाइजर अनुप्रयोग गरेर बोइलरमा पठाउने पानीलाई पहिले नै तताउँदा सबैभन्दा बढी इन्धन बचत गर्न सकिन्छ किनकि यसले बोइलरमा पठाउने पानीलाई झण्डै बाष्पको संतृप्ति (saturated) तापक्रमसम्म तताउन सक्छ। इकोनोमाइजर एउटा pressure vessel हो। धुवाँबाट खेर जाने ताप पुनर्लाभ गरेर इन्धन बचत गर्ने एउटा न्यून प्रकारको सस्तो विकल्प non pressurized feed water heater हो जसले तताउनु पर्ने पानीलाई पहिले नै १००°C सम्ममात्र तताउँछ। बोइलरमा पठाउने पानीको हरेक ६°C तापक्रम बृद्धिले लगभग १% इन्धन बचत गराउँछ।

ग) प्रज्वलन हावा (combustion air) **लाई पहिले नै तताउने** (pre-heat)

प्रज्वलन हावाको preheating बोइलरमा पठाउने पानी तताउने एउटा विकल्प हो। पानी तताउनको लागि अन्य कुनै संभावना नभएको अवस्थामा र stack ग्यासहरुमा अझै tap गर्न सकिने सम्भावित waste heat रहेमा यो तरिका अपनाउन सकिन्छ। Shell, tube, rotary regenerative type air pre-heaters र regenerative burner हरु खेर जाने ताप पुनर्लाभ गर्नको लागि अपनाउन सकिने केही विकल्पहरु हुन्।

ताप पुनर्लाभको लागि flue gas को प्रत्येक २२ डिग्री सेल्सियस तापक्रम घट्दा लगभग १% ऊर्जा बचत गर्न सकिन्छ।

४.११ बोइलरमा FD र ID पंखाका फायदाहरु

क) FD (Forced Draft) पंखा

- FD पंखाले भट्टी (furnace) मा आवश्यक परिमाणको तातो हावा उपलब्ध गराई इन्धनको सहज र एकैनासको प्रज्वलन (smooth and uniform combustion) गराउनुका साथै इन्धन प्रज्वलनको लागि secondary air पनि उपलब्छ गराउँछ।
- FD पंखाले प्रणाली अर्थात भट्टीभित्र सकारात्मक चाप (positive pressure) उत्पन्न गर्दछ।
- ID पंखा चल्न शुरु भएपछि मात्र FD पंखा चलाउनु पर्दछ।

ख) ID (Induced Draft) पंखा

- ID पंखाले धुवाँ अर्थात तातो हावा व्यवस्थापन गर्दछ।
- ID पंखाले फर्नेसबाट dust collector वा electrostatic precipitator को माध्यमबाट तातो धुवाँ लिन्छ र उक्त तातो धुवाँलाई चिम्नी वा Stack मा पुर्याउँछ।
- ID पंखाले प्रणाली अर्थात भट्टीमा नकारात्मक चाप (negative pressure: वातावरणीय चाप भन्दा कम चाप) उत्पन्न गरी भट्टीबाट धुवाँ हटाउँछ।

४.१२ फाइरिङ अनुकुलन र उत्तम संचालन अभ्यासहरु (इटा भट्टा)

क) कोइला भण्डारण

कोइलाको उचित भण्डारणले भण्डारमा आफैं आगो सल्किने सम्भावनाहरुलाई न्यूनिकरण गर्दछ। अनुचित भण्डारणले यसको गुणस्तरमा गिरावट आउँछ। त्यसकारण,

- धुलो र Keri लाई कहिल्यै पनि कोइलामा मिसिन नदिने;
- पानीको निकास भएको अग्लो सतह भएको उचित जामिनमा कोइला थुपार्ने;
- कोइलाको थुप्रोको उचाइ १.५ मी. भन्दा बढी हुनु हुँदैन;
- कोइलालाई उचित वायुसंचार भएको कुनै छाना मुनि भण्डारण गरिनु पर्दछ ।

Figure 4.5: Existing Practices

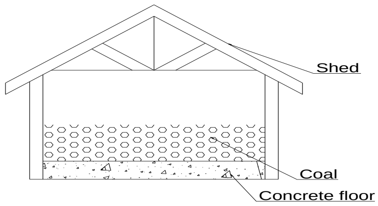


Figure 4.6: Recommended Practice

ख) कोइलाको आकार

- सिफारिस गरिएको कोइलाको आकारः ३/४ इन्चमा धुल्याइएको हुनु पर्दछ। धुल्याइएको कोइला हाल्ने बितिक्कै तुरुन्तै बल्ने हुनाले इटाको चाङको माथिल्लो तहमा ताप पुग्दछ जसले इटाको गुणस्तरमा एकरुपता ल्याउन मद्दत गर्दछ जबकि कोइलाका टुक्राहरु ठूला भएमा इटाको चाङको तलबाट ताप बितरण हुन्छ।
- यदि ठूलो आकारका कोइलाका टुक्राहरु हालिएमा भट्टाको तल रहेका इटाहरु डढ्ने सम्भावना हुन्छ।
- सानो आकारको कोइलाले हावा-इन्धन मिश्रणमा सुधार ल्याई प्रज्वलनको दर बढाउँछ। क्रसरको प्रयोगले ठूला आकारका कोइलालाई पिसेर/छानेर उचित आकारको कोइला पाउन सकिन्छ।
- कोइला पिस्न कोइला क्रसरको प्रयोग गर्नु पर्दछ।

Figure 4.7: Large Size Coal

Figure 4.8: Recommended Smaller Size Coal

ग) चम्चाको आकार (Spoon Size)

१.५-२.० केजी क्षमताको ठूलो चम्चाको प्रयोगले इन्धन खेर जाने र इटाहरु डढ्न सक्ने हुन्छ। त्यसकारण,

- ४५०-६५० ग्राम क्षमताको चम्चाले समान समयान्तरमा कोइला हाल्ने;
- विशेष पंक्तिहरुमा तापक्रम बढाउन कहिलेकाहीँ मात्र ठूलो आकारको चम्चा प्रयोग गर्न सकिन्छ।

Figure 4.9: Convectional large size spoon

Figure 4.10: Recommended small size spoon

घ) इन्धन हाल्ने नमुना

भट्टामा हावाको निरन्तर बहाव हुने हुनाले सिद्धान्ततः इन्धन हाल्ने काम पनि निरन्तर गरी रहनु पर्दछ। यो Z आकारमा single man firing द्वारा संभव हुन सक्छ।

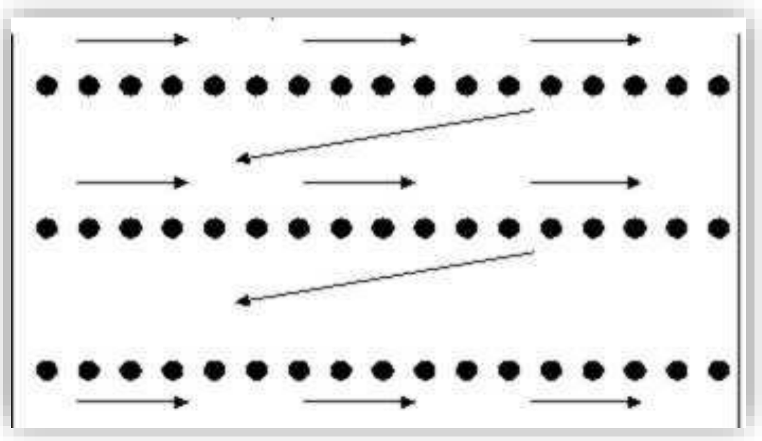


Figure 4.11: Fuel feeding pattern

ङ) चिम्नीको कार्य

Bull Trench Kin मा आगो तेर्सो जाने हुनाले र उचित प्रज्वलनको लागि draught आवश्यक हुन्छ। उक्त draught चिम्नी वा कुनै यान्त्रिक उपकरणले प्रदान गर्न सक्छ। BTK मा उपलब्ध draught लाई दुई भागमा विभाजन गर्न सकिन्छ:

i. स्थिर draught

ii. संचालित draught

स्थिर draught चिम्नीको उचाइ र तापक्रम उतारचडावमा भर पर्दछ भने draught भट्टा संचालनको लागि उपलब्ध कुल draught हो। चिम्नीको उचाइ र तापक्रम उतारचडाव बाहेक स्थिर draught चिम्नीको ब्यासमा पनि भर पर्दछ ।

Figure 4.12: Conventional Fixed Chimney

Figure 4.13: Improved Fixed Chimney

च) हावाको भूमिका

BTK मा हावाको भूमिका निम्नानुसार ब्याख्या गर्न सकिन्छ:

- प्रज्वलन प्रक्रियामा सहायता गर्न;

- चिस्याउने क्षेत्रबाट जलाउने क्षेत्रमा र जलाउने क्षेत्रबाट तताउनु पूर्वको क्षेत्रमा ताप स्थानान्तरण गर्ने माध्यमको रुपमा काम गर्न;
- काँचो इटा सुकाउने बेला उत्पन्न बाष्पलाई अन्यत्र लैजान मद्दत गर्न ।

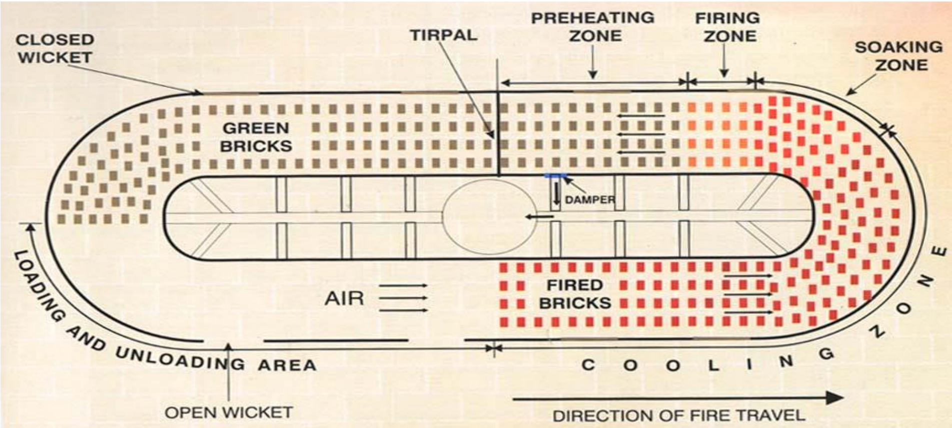


Figure 4.14: Air flow diagram in brick kiln

भट्टामा पर्याप्त मात्रामा हावा आपूर्ति गरिरहन निम्न अभ्यासहरु अपनाउनु पर्दछ:

- इटाहरु उचित तवरले चाङ लगाउने (खुकुलो राखे);
- इटा चिस्याउने क्षेत्र १५०-१६० फिट लामो राखे;
- धुवाँ नली र चिम्नीको निरिक्षण र सरसफाई गर्ने (स्थिर चिम्नीको हकमा);
- भट्टाको विभिन्न भागहरुबाट चुहावट रोक्ने;
- स्थिर चिम्नीको हकमा अर्को च्याम्बरमा पुग्दा धुवाँ नली (chimney) को ग्यासको तापक्रम धेरै कममा झर्नु हुँदैन, जुन निम्न तरिकाले प्राप्त गर्न सकिन्छ:
  - छेऊका धुवाँ नलीहरुमा plate dampers (Chavi) को प्रयोगले draught नियन्त्रण गरेर;
  - अस्थायी विभाजन हटाएर; एकैसाथ प्रयोगमा रहेका एउटा धुवाँ नली बन्द गर्दै अर्कोलाई खोलेर;

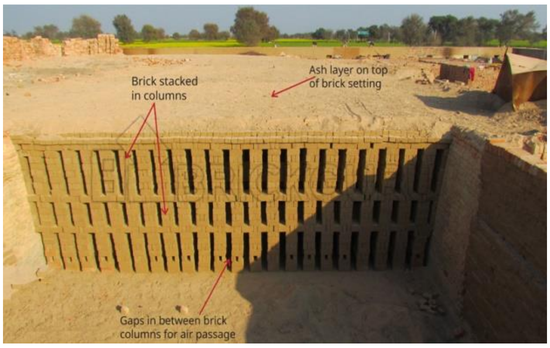


Figure 4.15: Straight Line Brick Setting

Figure 4.16: Zigzag Brick Setting (Chamber system)

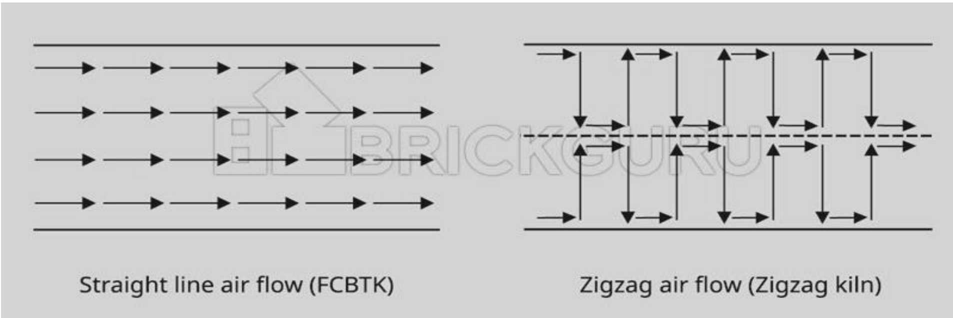


Figure 4.17: Straight Air flow & Zig Zag Air flow

छ) प्रज्वलन अभ्यासहरु

प्रज्वलन/जलाउने क्षेत्रको अनुकुल लम्बाइ भट्टामा आगोले गर्ने यात्राको दर (rate of travel)मा भर पर्दछ। प्रज्वलन क्षेत्रको लम्बाइ जति लामो भयो उति इन्धनको प्रज्वलन उत्तम हुन्छ।

Dampers /त्रिपालको प्रयोग

Dampers /त्रिपालको हरु BTK मा भट्टालाई फरक च्याम्बरहरुमा विभाजन गर्नको लागि प्रयोग गरिन्छ। प्रयोग गरिने विभिन्न किसिमका dampersहरु निम्न प्रकार छन्:

- जुट त्रिपाल;
- प्लास्टिक Sheet।

Figure 4.18: Jute Tripal

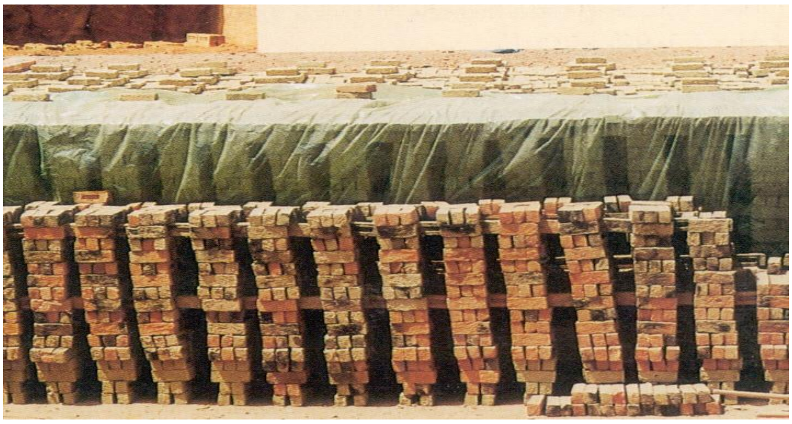


Figure 4.19: Plastic sheet

सर्किटमा नयाँ च्याम्वर राख्नु पर्ने समयमा damper हरुलाई हटाइन्छ जुन इटा चाङ लगाउँदा अस्थाइ विभाजनका रुपमा राखिएका हुन्छन्। Damper हरुको उचित प्रयोगका लागि निम्न सिफारिसहरु गरिन्छः

- dampers/त्रिपाललाई इटा चाङ (भराई) लगाइसके पश्चात दिनको अन्तमा राखिनु पर्दछ। Dampers र ज्वलन क्षेत्र (preheating क्षेत्र)को बीचमा न्यूनतम ८०-९० फिटको दुरी हुनु पर्दछ।
- Damper लाई हावा नछिर्ने गरी बन्द गर्नु पर्दछ अन्यथा चुहावटले गर्दा draught घट्न गई इन्धन खपत र प्रज्वलनतामा ह्रास आउँछ।
- ज्यादै ओसिलोपना भएका काँचा इटाहरु लोड गरेको खण्डमा dampers लाई छोटो दुरीमा राख्नु पर्दछ। अन्यथा ओसिलोपना damper नजिकै जम्मा हुन्छ जसले इटाको चाङ ढलाउन सक्छ (***Dhasan***)।

४.१३ इन्धन खपत न्यूनिकरण

इटा निर्माण गर्दा लाग्ने खर्चमा इन्धन खर्च सबैभन्दा ठूलो लागत हो। यसमा कुल उत्पादन लागतको स्थिर चिम्नी भट्टा (fixed chimney kiln) मा ४०-५०% र चलाउन मिल्ने चिम्नी भट्टा (movable chimney Kiln) मा ५०-६०% खर्च हुन्छ। सामान्यतया स्थिर चिम्नी BTK मा प्रति लाख इटा पोल्न ८ देखि १५ टनसम्म कोइला खपत हुन्छ।

क) विभिन्न प्रक्रियाद्वारा ताप सन्तुलन

आपूर्ति गरिएको कुल इन्धनको सानो अंश (साधारणतया २५-४०% सम्म) मात्र भट्टामा उपयोग हुन्छ। उपयोगी प्रयोग भन्नाले निम्न बुँदाहरु भन्ने बुझिन्छः

- भट्टामा चाङ लगाइएका काँचो इटाबाट ओसिलोपना हटाउन चाहिने ऊर्जा;
- माटोमा अपरिवर्तनीय रसायनिक प्रतिक्रिया (Irreversible Chemical Reaction) पूरा गराउन आवश्यक ऊर्जा।

बाँकी ६०-८०% भट्टामा आपूर्ति गरिएको इन्धन विभिन्न स्वरुपमा खेर जान्छ। ताप चुहावटका मुख्य घटकहरु यस प्रकार छन्:

i. पोलेर उतारिएका इटामा हुने ताप (sensible heat) (५ देखि १०%) ;
ii. धुवाँनलीबाट निस्किने सुख्खा ग्यासमा रहेको ताप (sensible heat) (५ देखि १०%) ;
iii. भट्टाको सतहबाट हुने तापको चुहावट (विशेषगरी खरानी ढाक्ने टुप्पोबाट हुने तापको चुहावट) (१५-२५%);
iv. जमिन र भट्टा संरचनाबाट हुने ताप चुहावट (१०-२५%);
v. नजलेका इन्धनको स्वरुपमा रहेका नबलेको वा आंशिक रुपमा बलेको कोइला, कार्बन मोनोअक्साइड र नबलेका हाइड्रोकार्बन ग्यासहरु (५-१०%)।

ख) संचालनमा सुधार गरी इन्धनको बचत गर्नु

भट्टा संचालनका उच्चतम अभ्यासहरुका केही सामान्य उपायहरुले १०-२०% इन्धन बचत गर्न सकिन्छ। यस प्रकारका सामान्य रुपमा अभ्यास गरिने केही उपायहरु निम्न छन्:

- भट्टामा काँचो इटालाई सुख्खा बनाउन चाहिने इन्धनको मात्रा घटाउन ५% वा सोभन्दा कम मात्र ओसिलोपना भएको इटा भट्टामा हाल्नु पर्दछ।
- धुवाँ नलीबाट निस्किने ग्यासबाट हुने ताप चुहावट हावाको परिमाण र उक्त ग्यासहरुको तापक्रम नियन्त्रण गरेर घटाउन सकिन्छ। साधारणतया अतिरिक्त हावाको स्तर (level) ३००-४००% भन्दा बढी हुनु हुँदैन र धुवाँ नलीबाट निस्किने ग्यासको तापक्रम १००-१२०°C को बीचमा राखिनु पर्दछ। प्रायः सबै भट्टाहरुमा हावा चुहावटको समस्या रहेको हुन्छ। धुवाँ नली छेक्न बनाइएको पर्खाल, त्रिपाल र विकेट ढोकाहरु (wicket gates) बाट हावाको चुहावट रोक्न विशेष ध्यान दिनु पर्दछ ।
- इन्धन हाल्ने अभ्यासहरुमा सुधार गरेर नबलेको इन्धन/ग्यासहरुमा कमि ल्याउन सकिन्छ:

i. १५-२० मिनेटको अन्तरालमा सानो परिमाणमा हातैले इन्धन हाल्ने वा कोइला हाल्ने यान्त्रिक स्टोकर प्रयोग गर्ने;
ii. कोइलाको टुक्राको आकार २० mm भन्दा घटाउन कोइला क्रसरको प्रयोग गर्ने;
iii. एउटा पंक्ति/चाङको पिँधको तापक्रम ७००°C भन्दा बढी भएको सुनिश्चित गरे पश्चात मात्र नयाँ पंक्ति/ चाङमा कोइला हाल्न शुरु गर्ने।

ग) संरचनाबाट हुने ताप चुहावट न्यून गरी इन्धनको बचत गर्ने

केही भट्टाहरुमा भट्टा संरचनाबाट हुने ताप चुहावट २५% सम्म हुन्छ जसलाई कम गर्नको लागि भट्टाको बनावट र निर्माणमा सुधारको विशेष महत्व हुन्छ। अत्याधिक ताप चुहावट हुने केही मुख्य क्षेत्रहरु यी हुन्:

i. भट्टाको सतहबाट हुने ताप चुहावट;
ii. जमिनबाट हुने ताप चुहावट;
iii. विकेट ढोका (Dwari) बाट हुने ताप चुहावट;
iv. इन्धन हाल्ने प्वालको बिर्को (Tawa) बाट हुने ताप चुहावट।

यी अवस्थाहरुमा निम्न उपायहरुद्वारा ताप चुहावट न्यून गर्न सकिन्छः

i. विकेट पर्खाल: न्यूनतम मोटाइ २२ इन्च राखी पर्खालको बीचमा ३-४ इन्च Kerri filling गर्ने र दुबै भित्तामा माटोले प्लास्टर गर्ने;
ii. छेउको धुवाँ नली छेक्ने पर्खालः १३.५ इन्च मोटो राखी staggered joints बनाउने र माटोले प्लास्टर गर्ने;
iii. इटाको चाङको माथिको kerri thickness ७ इन्च वा सोभन्दा बढी हुनु पर्दछ;
iv. उल्लेख्य मात्राको ताप चुहिने इन्धन हाल्ने प्वालको बिर्को (Tawa) पूर्ण रुपमा बन्द गरिनु पर्दछ;
v. भट्टा निर्माण गर्दा जमिनमा ताप कुचालक पदार्थ राखेर ताप चुहावटमा कमि ल्याउन सकिन्छ।

Figure 4.20: Conventional type wicket wall

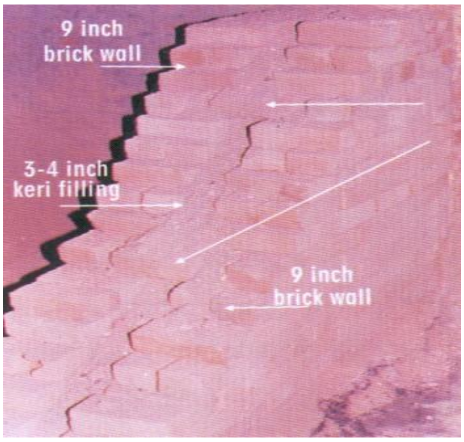


Figure 4.21: Recommended type wicket wall

Figure 4.22: Heat loss from Tawa

४.१४ पिसाई (Grinding)मा ऊर्जा व्यवस्थापन र प्रक्रिया नियन्त्रण (सिमेन्ट)

भट्टी (kiln) हरुमा अपनाइने पद्धति नै प्रयोग गरेर पिसाउने प्रक्रियाका नियन्त्रण पद्धति (control system) हरुको विकास गरिन्छ। स्थिर र उच्च गुणस्तरको उत्पादन प्राप्त गर्दै प्रणालीले mill र classifiers मा बहाव नियन्त्रण गर्दछ। विभिन्न निर्माणकर्ताहरुले धेरै प्रणालीहरु बजारमा ल्याएका छन्। १९९० को शुरुवातदेखि नै विशिष्ट प्रणालीहरु व्यावसायिक रुपमा उपलब्ध छन्।

सामान्य ऊर्जा बचत ३ देखि ३.५ kWh/t (ऊर्जा खपतमा २-३% कमि ल्याउनाले) हुन्छ र साधारण भुक्तानी अवधि सामान्यतया ६ महिना देखि २ बर्षको बीचमा हुन्छ। प्रक्रियामा कमि र गुणस्तरमा विविधताका साथै उत्पादनमा बृद्धि अन्य फायदाहरु हुन्।

४.१५ बल मिलहरुका लागि सुधारिएको पिसाईको माध्यमहरु

विशेषतः Ball mill हरुमा पिसाउने माध्यमहरुका लागि सुधारिएको wear प्रतिरोधी पदार्थहरुको जडान गर्न सकिन्छ । पिसाउने माध्यमहरु साधारणतया पदार्थहरुको wear सम्बन्धी विशेषता अनुसार छनौट गरिन्छ। Ball charge वितरण, पिसाउने माध्यमहरुको सतहको कडापन र wear प्रतिरोधी mill linings मा बृद्धिले खिइनबाट जोगाउनुका साथै ऊर्जा खपत घटाउन सकिने सम्भावना देखाएका छन्। उच्च क्रोमियम स्टिलले बनेको सुधारिएको balls तथा liners त्यस्तो एउटा वस्तु हो, यस्तै अन्य वस्तुहरु पनि हुन सक्छन्। अन्य सुधारहरुमा सुधारिएको बनौटको liner जस्तैः grooved classifying liners को प्रयोग पर्दछ। केही mill हरुमा सुधारिएको पिसाउने माध्यमहरुमा ५-१०% सम्म ऊर्जा घटाउन सक्ने सम्भावना रहेको हुन्छ जुन ३-५ kWh/t ऊर्जा बचत बराबर हुन्छ।

४.१६ बल मिललाई ठाडो रोलर मिलद्वारा प्रतिस्थापन गर्ने

रोलर mill ले horizontal टेबुलको hinged arms मा रहेको grinding rollers को प्रयोगले compression र shearing गरी पिस्ने काम गर्दछ। कच्चा पदार्थलाई स्प्रिंग वा हाइड्रोलिक चापले दवाब दिएर कुनै एउटा सतहमा पिसिन्छ जसमा पिसानी प्रक्रियाको समयमा सुख्खा राख्न तातो ग्यासको प्रयोग गरिन्छ। सिमेन्टको पातलोपन (fineness) अनुसार ball mill मा सामान्यतया ३०-४२ Kwh/T clinker को तुलनामा ठाडो रोलर मिलमा १८.३ देखि २०.३ Kwh/T Clinker ऊर्जाको प्रयोग हुन्छ। ठाडो रोलर mill ले २०% सम्म आर्द्रता भएको कच्चा पदार्थ स्वीकार गर्न सक्छ र यसको उत्पादन एकरुपतामा कम विविधता हुन्छ।

४.१७ उच्च चापको रोलर प्रेस (High Pressure Roller press) र प्रि-ग्राइन्डिङबाट बल मिल (pre-grinding to ball mill)

एउटा उच्च चापको रोलर प्रेसमा दुई रोलरहरुले कच्चा पदार्थलाई ३,५०० bar सम्म दवाब दिन सक्दछन् जसले पिसाई दक्षतामा सुधार गर्दै finish grinding मा Ball Mills को स्थान लिन सक्छ। V-separator भएको रोलर प्रेसले finish grinding को लागि १५.६ kWh/t क्लिंकर प्रयोग गर्दछ। यो प्रविधिले प्रवाहमा लगभग २०% बृद्धि प्राप्त गर्न सक्छ र ७ देखि १५% सम्म ऊर्जा बचत गर्दछ।

४.१८ ऊर्जा उत्पन्न गर्नको लागि Low Temperature Heat को पुनर्लाभ

सिमेन्ट उत्पादनको लागि क्याल्सिनेसन प्रक्रियामा ठूलो परिमाणमा ऊर्जा खपत हुन्छ। यसमा क्लिंकर बनाउनको लागि साइक्लोन हिटर भएको एउटा प्रिहिटर stack बाट कच्चा पदार्थलाई लामो घुम्ने भट्टीमा पठाउने र त्यसपछि क्लिंकर कुलरमा क्लिंकर चिस्याउने प्रक्रिया समावेश हुन्छ। क्लिंकर उत्पादन प्रक्रियामा उल्लेख्य परिमाणको तापलाई सामान्यतया प्रयोग बिना नै बाहिर पठाइन्छ। यस अवस्थाले प्राकृतिक श्रोतहरु खेर जानुको साथै कार्यस्थलमा गम्भीर रुपमा ताप प्रदुषण गर्दछ। यदि उक्त खेर गएको ताप ऊर्जा उत्पादनमा प्रयोग गरिएमा यसले उल्लेख्य रुपमा ऊर्जा दक्षतामा सुधार ल्याउँछ र विद्युत ग्रिडबाट आयात गरिने ऊर्जाको परिमाणलाई घटाउँछ।

सिमेन्ट उत्पादनमा Waste Heat Recovery (WHR) प्रणालीले Suspension Preheater (SP) र Air Quenching Chamber (AQC) बाट बाहिर निस्कने ग्यासबाट खेर जाने कम तापक्रमको तापलाई प्रभावकारी रुपमा उपयोग गर्न सक्छ। WHR Captive power plants मा WHR बोइलरहरु (SP बोइलर र AQC बोइलर), बाष्प टर्बाइन जेनेरेटरहरु, नियन्त्रण प्रणाली, पानी संचरण प्रणाली र धुलो हटाउने प्रणाली आदि समावेश हुन्छन् । SP बोइलर र AQC बोइलरको बाष्पलाई बाष्प टर्बाइन जेनेरेटरमा पठाएर ऊर्जा उत्पादन गरिन्छ।

४.१९ ब्लेन्डेड सिमेन्ट (Blended Cement)

ब्लेन्डेड सिमेन्ट उत्पादनमा क्लिंकरलाई एक वा एक भन्दा बढी अतिरिक्त वस्तुहरु (उड्ने खरानी, pozzolans, blast furnace slag, ज्वालामुखीको खरानी) को विभिन्न अनुपातमा आन्तरिक पिसाई गरिन्छ। खेर जाने वस्तुहरुलाई उच्च मूल्यको अनुप्रयोगमा प्रयोग गरिनुका साथै सुधारिएको अम्ल र सल्फेट प्रतिरोधी ब्लेन्डेड सिमेन्टले अधिकतम दीर्घकालीन मजबुती प्रदर्शन गर्दछ। ब्लेन्डेड सिमेन्टको अल्पकालीन मजबुती (७ दिन भन्दा कम समयमा नापिएको) कम हुन सक्दछ, यद्यपि ३०% भन्दा कम अतिरिक्त पदार्थहरु भएको सिमेन्टको जम्ने अवधि सामान्यतया Portland सिमेन्टमा आधारित कंक्रिटसंग तुलनायोग्य हुन्छ।

ब्लेन्डेड सिमेन्ट धेरै दशकदेखि संसारभर प्रयोग भइरहेको छ। सिमेन्टको उत्पादन लागत (विशेषतः ऊर्जा लागत) घटाउन, अतिरिक्त पूँजी खर्च नगरिकनै क्षमता विस्तार गर्न र भट्टीबाट चुहावट रोक्नको लागि ब्लेन्डेड सिमेन्टको उत्पादन अमेरिकामा शुरु गरिएको थियो। ब्लेन्डेड सिमेन्टको उत्पादन र प्रयोग अझै पनि अमेरिकामा मात्र सिमित छ। Portland ordinary सिमेन्ट र portland slag सिमेन्ट विश्वका अन्य भागहरुमा ब्यापकरुपमा प्रयोग गरिन्छ। यसको अतिरिक्त प्राविधिमा भएको उन्नति र बजार विकासले गर्दा विभिन्न किसिम र स्तरका सिमेन्टहरुको उत्पादन सम्भव भएकोले blast furnace slag, उड्ने खरानी, coal gangue, चुनढुङ्गा, zeolite, pozzolana जस्ता केही औद्योगिक उप-उत्पादनहरुका साथै प्राकृतिक खनिजहरु पनि सिमेन्ट उत्पादनमा ब्यापक रुपले प्रयोग गरिन्छन्।

विभिन्न प्रकारका additive हरुको मूल्यमा ठूलो विविधता हुन्छ। स्थान, उत्पादन, बजारमा आवश्यकता, उत्पादनको प्रकार र प्रवन्ध विधि अनुसार मूल्य परिवर्तन हुन्छ। समान (similar) उत्पादनको बृद्धिसंगै

कम्तिमा १०% इन्धन बचतको आँकलन गरिन्छ। ब्लेन्डेड सिमेन्टको प्रयोग विशेषतः आकर्षक दक्षताको विकल्प हो किन भने additives को प्रयोगले क्लिंकरको inter-grinding ले क्लिंकर उत्पादनमा ऊर्जाको प्रयोग (र कार्बन उत्सर्जन) न्यून गर्ने मात्र नभएर calcination को दौरान कार्बन डाइअक्साइड उत्सर्जनको न्यूनिकरणमा पनि सहयोग गर्दछ। Blended सिमेन्टको लागि ६५% को क्लिंकर र सिमेन्टको अनुपातमा क्लिंकर उत्पादनमा हुने कमिले औषतमा १.४२ GJ/T cement (४८.५ Kgce/T cement) इन्धन असामान्य रुपमा बचत गर्दछ।

यसमा blast furnace slags लाई सुख्खा राख्न ०.०९ GJ/t cement (३.१ kgce/t cement) बढी इन्धन प्रयोग हुन्छ तर भट्टी बाहिर सहायक मार्ग (by-pass) बाट ग्यासहरु निकाल्दा क्षार-युक्त धुलो हटाउने कार्यमा ०.२ GJ/t cement (७ kgce/t cement) ऊर्जाको बचत हुन्छ र यस कार्यमा लाग्ने ऊर्जाको आवश्यकतालाई न्यून गर्दछ। प्रति प्रतिशत by-pass मा ९ देखि २३ MJ/t cement (०.३ देखि ७.१ kgce/t cement) ऊर्जा बचतको अनुमान गरिन्छ। सिमेन्ट उत्पादनमा प्रयोग गरिने additives को मूल्यमा विविधता आउन सक्छ। Additives भण्डारण गर्न अतिरिक्त भण्डारण क्षमता विस्तारको लागि पूँजीगत खर्च सिमित हुन्छ। यद्यपि blast furnace slag लाई सिमेन्ट उत्पादनमा प्रयोग गर्नु अघि सुख्खा गर्नु आवश्यक हुन सक्छ। यो काम grinding mill मा भट्टीबाट Exhaust वा Supplimental firing वा विद्युत उत्पादनको लागि प्रयोग भएको ग्यास टर्बाइन प्रयोग गरेर गर्न सकिन्छ।

४.२० भट्टीको आवरण (Shell) मा हुने ताप नोक्सानीको न्यूनिकरण (Improved Refractories)

विशेषतः ज्वलन क्षेत्रमा सिमेन्ट भट्टीको आवरणबाट उल्लेख्य मात्रामा ताप चुहावट हुन सक्छ। गुणस्तरीय insulating refractories (जस्तैः lytherm) ले ताप चुहावटमा कमि ल्याउन सक्छ। Refractory को छनौट इटाको insulating गुणस्तर र coating कायम राख्ने र विकास गर्ने क्षमतामा अनुसार गरिन्छ। Coating ले ताप चुहावटमा कमि ल्याउन र burning zone refractory इटाहरुलाई सुरक्षित राख्न मद्दत गर्दछ । Refractory ले ताप, रसायनिक र यान्त्रिक दबावबाट भट्टीको स्टिलको आवरणलाई सुरक्षित गर्दछ। Refractory को पदार्थ छनौट कच्चा पदार्थ, इन्धन र संचालन अवस्थितिको संयोजनमा निर्भर हुन्छ।

उच्च गुणस्तरको refractory को विस्तारित आयुले संचालन अवधि लम्ब्याउने र भट्टीको relining को बीच खेर जाने उत्पादन समय घटाएर तिनको उच्च लागत भर्पाइ गर्दछ। सुधारिएको kiln- refractory को प्रयोगले भट्टीको विश्वसनीयतामा सुधार ल्याउँछ र उत्पादन लागत उल्लेख्य मात्रामा न्यून गरी निष्कृय अवधि घटाउँछ र शुरुवाती अवस्थामा ऊर्जाको आवश्यकता न्यूनिकरण गर्दछ। अनुमानित रुपमा kiln- refractory को high temperature insulating linings को विकासले क्लिंकरको इन्धन प्रयोगमा ०.१२ देखि ०.४ GJ/t (४.१ to १३ kgce/t) ले कमि ल्याउँछ। यद्यपि संरचना अनुसार नयाँ इन्सुलेसन पदार्थहरुको प्रयोगलाई सिमित राख्न सकिन्छ।

४.२१ वैकल्पिक इन्धनको प्रयोग

सिमेन्ट भट्टीमा परम्परागत व्यावसायिक इन्धनहरुलाई वैकल्पिक वा खेर जाने इन्धनद्वारा प्रतिस्थापन गर्न सकिन्छ। उत्तर अमेरिकामा धेरैजसो वैकल्पिक इन्धनहरु टायर वा टायर-जन्य इन्धनमा केन्द्रित छन्। १९९९ मा अमेरिकी सिमेन्ट उद्योगमा लाग्ने कुल इन्धनको लगभग ५% हिस्सा टायरको थियो र सबै फोहोरहरुको हिस्सा कुल इन्धन लागतको १७% थियो। नयाँ आउने फोहोरहरुमा कार्पेट र प्लास्टिक फोहोरहरु, फिल्टर केक, रंग अवशेष र नालीको (सुख्खा गरिएको) फोहोर पर्दछन्। सिमेन्ट भट्टीमा हानिकारक फोहोरहरु पनि बाल्ने गरिन्छ।

सिमेन्ट भट्टी फोहोरबाट ऊर्जा पुनर्लाभ गर्ने एउटा दक्ष तरिका हो। कार्बन डाइअक्साइड उत्सर्जनको न्यूनिकरण फोहोरजन्य इन्धनमा भएको कार्बनको मात्राका साथै फोहोरको वैकल्पिक र दक्ष उपयोगमा निर्भर गर्दछ (उदाहरणको लागि ताप पुनर्लाभ वा सो बिना नै incineration गरिने)। फोहोरजन्य इन्धन भट्टीमा लामो समय रहनाले र भट्टीको उच्च तापक्रमले लगभग सबै जैविक यौगिकहरुलाई नष्ट गर्दछ जबकि दक्ष धुलो फिल्टरले अन्य केही सम्भाब्य उत्सर्जनहरुलाई सुरक्षित तहसम्म न्यून गर्न सक्छ। जैविक पिण्डहरुलाई पनि संसारभरिका सिमेन्ट उद्योगमा वैकल्पिक इन्धनको रुपमा प्रयोग गरिएको छ। जैविक पिण्डलाई कार्बन तटस्थ मानिन्छ, तसर्थ सिमेन्ट उद्योगमा प्रयोग गरिने अन्य व्यावसायिक Fossils इन्धनको तुलनामा कार्बन डाइअक्साइड उत्सर्जनको मात्रामा १००% न्यूनिकरण प्राप्त गर्न सकिन्छ।

४.२२ क्लिंकर बनाउने क्रममा ऊर्जा व्यवस्थापन र प्रक्रिया नियन्त्रण प्रणालीहरु

प्रक्रियाको अवस्था वा व्यवस्थापन अनुचित भएमा भट्टीबाट तापको चुहावट हुन सक्छ। स्वचालित कम्प्युटर नियन्त्रण प्रणालीले प्रज्वलन प्रक्रिया र अवस्थाहरु अनुकुल गर्न मद्दत गर्दछ। प्रक्रिया नियन्त्रणमा सुधार गर्नाले उत्पादनको गुणस्तर र पिसानी क्षमतामा सुधार ल्याउँदछ {उदाहरणको लागि उत्पादित क्लिंकरको कडापन र प्रतिक्रियात्मकता (reactivity)} जसबाट अधिक दक्ष क्लिंकर पिसाई प्राप्त गर्न सकिन्छ। कच्चा पदार्थको uniform feeding भएमा आवश्यक इन्धनमा बचत हुन गई भट्टी संचालन बढी स्थिर हुन्छ। संसारभरिका सिमेन्ट कारखानाहरुमा विभिन्न उत्पादकहरुले बजारमा ल्याएका विभिन्न प्रणालीहरुको प्रयोग गरिन्छ। सबैभन्दा आधुनिक प्रणालीहरुले “Fuzzy Logic” भनिने वा expert control वा नियम-आधारित नियन्त्रण प्रणालीहरु प्रयोग गर्दछन्।

विशिष्ट प्रणाली वा fuzzy logic को विकल्प model-predictive control हो जसले भट्टीको प्रकृयामा गतिशील मोडेलहरु प्रयोग गर्दछ। अतिरिक्त प्रक्रिया नियन्त्रण प्रणालीहरुमा on-line analyzers प्रयोग गरिन्छ जसले संचालकहरुलाई प्रक्रियामा रहेका कच्चा पदार्थहरुको रसायनिक संरचना तत्काल पत्ता लगाउन अनुमति दिन्छ जसकारण कच्चा पदार्थहरुको मिश्रणमा तुरुन्त परिवर्तन गर्न सकिन्छ। धेरै कम्पनीहरुले ऊर्जा व्यवस्थापन तथा प्रक्रिया नियन्त्रणको लागि ABB जस्तो अनुकुलित सूचना प्रविधि उपलब्ध गराउँछन्। प्रक्रिया नियन्त्रणको लागि यस्ता प्रविधि प्रायजसो siemens र ABB जस्ता अन्तर्राष्ट्रिय कम्पनीहरुले निर्माण गर्दछन्। प्रक्रिया नियन्त्रण प्रणालीको माध्यमबाट २.५% देखि १०% सम्म ऊर्जा बचत गर्न सकिन्छ।

४.२३ ताप पुनर्लाभ अनुकुलन/क्लिंकर कुलर अध्यावधिक गर्ने

क्लिंकर कुलरले क्लिंकरको तापक्रम १२००°C बाट १००°C मा कम गर्नु पर्दछ। सबैभन्दा प्रचलित कुलरको बनौट planetary (or satellite), travelling र reciprocating grate प्रकारका हुन्छन्। सबै कुलरहरुले भट्टी प्रज्वलन प्रक्रियाको लागि secondary air तताउँदछन् र कहिलेकाँही pre-calciner को लागि tertiary air पनि तताउँछन्। Reciprocating grate कुलरहरु आधुनिक किसिमका हुन् र ठूला भट्टीहरुका लागि उपयुक्त हुन्छन्। Grate coolers ले विद्युतीय पंखा र अतिरिक्त हावा प्रयोग गर्दछन्।

Grate coolers ले १.३ देखि १.६ GJ/t सम्म (४४ देखि ५५ kgce/t सम्म) clinker sensible heat पुनर्लाभ गर्न सक्छन्। हावाको अतिरिक्त परिमाण न्यून गरेर, क्लिंकरको बेडको गहिराईलाई नियन्त्रण गरेर र ring grate जस्तो नयाँ grate राखेर ताप पुनर्लाभमा सुधार गर्न सकिन्छ। कुलरको ताप पुनर्लाभ दक्षतामा सुधार गरेर इन्धनको बचत गर्न सकिन्छ तर यसले उत्पादनको गुणस्तर र उत्सर्जनको तहमा पनि असर पार्न सक्छ। Grate को चिसो हावा वितरणमा नियन्त्रण गरेर क्लिंकरको तापक्रम कम र हावाको तापक्रम बढाउन सकिन्छ। तापको अतिरिक्त पुनर्लाभले प्रज्वलन हावाको उच्च तापक्रमको कारण भट्टी र precalciner मा ऊर्जाको खपत घटाउँछ।

४.२४ फर्नेसमा अवसरहरु

क) उचित भण्डारण र व्यवस्थापन

कमजोर भण्डारण र व्यवस्थापनको कारणले बिग्रेको वा दुषित भएको इन्धनलाई थप अतिरिक्त हावा आवश्यक पर्नुका साथै न्यून तापीय दक्षताको कारणले प्रज्वलन हुन गाह्रो हुन्छ। इन्धन भण्डारण र व्यवस्थापन एक महत्वपूर्ण र प्रायः ध्यान नदिइने क्षेत्र हो तर इन्धन खेर जान र दुषित हुनबाट रोक्न ध्यान पुर्याइनु पर्दछ। कोइला र बायोमास इन्धनलाई लामो समयसम्म भण्डारण गर्नाले उक्त इन्धनको गुणस्तरमा ह्रास आउँछ र आगो लाग्ने खतराको सम्भावना बढाउँछ। सामान्यतया कोइला भण्डारणको समयमा अक्सिडेसन चुहावट हुन्छ र अन्य चुहावटहरु जस्तैः हावा र carpet loss कोइला लगायत सबै ठोस इन्धनमा हुन्छ।

ख) अतिरिक्त हावाको स्तर अनुकुलन

रसायनिक समिकरणमा आधारित इन्धनको पूर्ण ज्वलनका लागि आवश्यक हावालाई stoichiometric वा theoretical हावा आवश्यकता भनिन्छ। आदर्श रुपमा इन्धनलाई पूर्ण रुपमा जलाउन यो परिमाणको हावा पर्याप्त हुन्छ। तर व्यवहारिक रुपमा अवलोकन गर्दा प्रणालीमा केही अतिरिक्त हावा आपूर्ति नगरिएसम्म पूर्ण रुपमा प्रज्वलन हुँदैन। अतिरिक्त हावाको यो परिमाणले धुवाँको mass flow rate लाई असर गर्दछ। अनुकुल परिमाणको अतिरिक्त हावा प्रवाह गर्नाले stack बाट हुने ताप चुहावट न्यून गर्न सकिन्छ। अतिरिक्त हावा जति बढी भयो धुवाँको आयतन पनि त्यति नै बढी हुन्छ र त्यसैकारण stack

बाट हुने चुहावट बढ्न जान्छ। त्यसबाहेक ज्वाला (flame) को तापक्रम र तताउने सतहमा ताप स्थानान्तरण दर (rate of heat transfer) घट्छ।

O_2 वा CO_2 को प्रतिशत मापन गरेर धुवाँमा अतिरिक्त हावाको परिमाण पत्ता लगाउन सकिन्छ। अतिरिक्त हावाको प्रतिशत तलको शुत्रद्वारा गणना गर्न सकिन्छः

$$\% \text{ Excess Air} = (O_2\%/21 - O_2\%)*100$$

जहाँ, वास्तविक O_2% ले धुवाँमा मापन गरिएको O_2% लाई जनाउँछ।

अतिरिक्त हावाको परिमाण स्थापित गरिसके पश्चात् प्रज्वलन हावामा विविधता ल्याउन उपयुक्त उपायहरु अपनाउन सकिन्छ।

Table 4.5: Excess Air levels for different types of fuels

EXCESS AIR LEVELS FOR DIFFERENT FUELS		
Fuel	**Type of Furnace or Burners**	**Excess Air (% by wt)**
Pulverized coal	Completely water-cooled furnace for slag-tap or dry-ash removal	१५-२०
	Partially water-cooled furnace for dry-ash removal	१५-४०
Coal	Spreader stoker	३०-६०
	Water-cooler vibrating-grate stokers	३०-६०
	Chain-grate and traveling-grate stokers	१५-५०
	Underfeed stoker	२०-५०
Fuel oil	Oil burners, register type	१५-२०
	Multi-fuel burners and flat-flame	२०-३०
Natural gas	High pressure burner	५-७
Wood	Dutch over (१०-२३% through grates) and Hoff type	२०-२५
Bagasse	All furnaces	२५-३५
Black liquor	Recovery furnaces for draft and soda-pulping processes	३०-४०

Source: Energy Efficiency in Thermal Utilities, BEE

ग) उचित प्रज्वलन सुनिश्चितताको लागि नियन्त्रण

फर्नेस वा कुनैपनि प्रज्वलन प्रणालीमा उत्कृष्ट दक्षता प्राप्त गर्न इन्धनको पूर्ण वा उच्चतम प्रज्वलन अत्यावश्यक हुन्छ। कुनैपनि प्रज्वलन प्रणालीमा अक्सिजनसंग कार्बन (मुख्यतया इन्धनको ज्वलनशील भाग) को रसायनिक संयोजनले ताप उत्पन्न गर्दछ। प्रज्वलन प्रक्रियाका आवश्यकताहरु निम्न छन्ः

- इन्धन;
- अक्सिजन (हावा);
- तीन `T' हरु, जस्तैः Time, Temperature and Turbulence ।

प्रज्वलनको लागि आवश्यक मात्राको अक्सिजन आपूर्ति गर्न निश्चित परिमाणको हावा आवश्यक हुन्छ। अधिक अतिरिक्त हावाले आगोको तापक्रम, फर्नेसको तापक्रम र तताईको दर घटाउँछ। न्यून हावाको मात्राले इन्धनको पूर्ण प्रज्वलन प्राप्त गर्न हावाको मिसावट नियन्त्रण गर्नु, प्रज्वलन हावाको चाप कायम राख्नु र अतिरिक्त हावा तथा इन्धन गुणस्तरको निरिक्षण गर्नु आवश्यक हुन्छ। अतिरिक्त हावा आवश्यक मात्रा भन्दा कम भएमा धुवाँमा नबलेका पदार्थहरुको बृद्धि हुन्छ र stack बाट धुवाँको रुपमा बाहिर निस्कन्छ। त्यसकारण फर्नेसमा प्रज्वलन दक्षता सुधार गर्न प्रज्वलन हावाको अनुकुलतासंगै उचित नियन्त्रण र औजारिकरण गर्नु आवश्यक हुन्छ।

अतिरिक्त हावा नियन्त्रण गर्न निम्न विधिहरु उपलब्ध छन्ः

- हाते (portable) अक्सिजन एनालाइजर र ड्राफ्ट गजको प्रयोगले संचालकलाई अनुकुल संचालनको लागि हावाको बहाव manually समायोजन गर्न मद्दत गर्न सक्छ;
- Continuous oxygen analyser संगै readout draft gauge को प्रयोगले अतिरिक्त हावाको स्तर पत्ता लगाउने;
- Pneumatic वा सर्भोमिटर नियन्त्रित डयाम्परको प्रयोग गरी बहाव नियन्त्रण गर्नको लागि पनि Continuous oxygen analyser प्रयोग गर्न सकिन्छ। यसले संचालकलाई धेरैवटा ज्वलन प्रणालीलाई एकैसाथ नियन्त्रण गर्न सक्ने बनाउँछ।

घ) उचित ताप वितरण

फर्नेसको उत्कृष्ट output को लागि तापको वितरण एकनासको हुनु पर्दछ। आगोले stock लाई छुनु हुँदैन किनकि यसले scale चुहावट बढाउँछ। विभिन्न बर्नरका आगोहरुले एकअर्कालाई छिचोल्नु (intersect) हुँदैन जसको सुनिश्चितताको लागि बर्नरहरु दुबैतिर staggering गरी राख्न सकिन्छ। फर्नेसमा चार्जको लोडिङ व्यवस्थित रुपमा गरिनु पर्दछ जसकारणः

- यसले अधिकतम मात्रामा हिटिङ च्याम्बरको तातो सतहको विकिरण र आगोको ज्वाला प्राप्त गर्दछ;
- ताप प्राप्त गर्ने च्याम्बरहरु वरिपरी तातो ग्यासहरु दक्ष तरिकाले चलायमान हुन्छ।

Stock लाई निम्न स्थितिमा राखिनु हुँदैनः

i. बर्नरको सिधा बाटो वा जहाँ आगोद्वारा impingement हुन्छ;

ii. फर्नेसको धुवाँ प्रणालीमा रोकावट वा बन्देज हुने क्षेत्रमा;

iii. कुनैपनि ढोका खुल्ने स्थानको नजिक जहाँ चिसोपना हुन सक्छ।

ङ) अनुकुल फर्नेस तापक्रम

फर्नेसभित्र कायम गरिएको तापक्रम प्रक्रिया अनुसारको हुनु पर्दछ र अति धेरै वा कम हुनु हुँदैन। कम तापक्रम कायम राख्नाले उत्पादनको गुणस्तरमा ह्रास ल्याउँछ वा अधिक अस्वीकार हुने खालका उत्पादनहरु उत्पादन गर्न सक्छ। अनुकुल भन्दा अधिक तापक्रम कायम राख्नाले ताप चुहावट, अधिक अक्सिडेसन, डि-कार्बोनाइजेसन हुनका साथै रिफ्रयाक्टरीहरुलाई बढी दवाबपूर्ण बनाउँछ।

च) अनुकुल फर्नेस लोडिङ

फर्नेसहरु विशेष भारमा अधिकतम ताप दक्षता प्रदान गर्ने तरिकाले बनाइएका हुन्छन्। फर्नेसमा भार कम भएमा उक्त भारले उपलब्ध तापको सानो अंश मात्र खपत गर्दछ र दक्षता कम हुन्छ । फर्नेसमा भार बढी भएमा stock समानरुपले नताप्न सक्दछ जसकारण गुणस्तरमा कमि आउँछ र पुनः दक्षतामा समेत कमि आउँछ।

अनुकुल भार सामान्यतया परिक्षणबाट, प्रत्येक चार्जमा वस्तुको तौल, आवश्यक तापक्रममा पुग्न लाग्ने समय र उपयोग भएको इन्धनको मात्रा थाहा पाइन्छ। तताउने च्याम्बरहरुको सतहबाट अधिकतम ताप र उत्पादित ज्वाला जाने गरी फर्नेसको चुल्होमा भार राखिनु पर्दछ। तातो ग्यासहरु दक्ष रुपमा ताप प्राप्त गर्ने सतहहरु वरिपरी चलायमान गरिनु पर्दछ।

छ) फर्नेस उपयोग

फर्नेस उपयोगिता फर्नेस दक्षतालाई असर गर्ने एक महत्वपूर्ण पक्ष हो। यसलाई प्रायजसो बेवास्ता गर्ने र कम आँकलन पनि गर्ने गरिन्छ। बारम्बार विग्रने, कमजोर उत्पादन योजना र बेमेल क्षमता जस्ता कारणहरुले गर्दा utilization factor न्यून हुन सक्छ।

ज) फर्नेस draught को नियन्त्रण

कुनै पनि फर्नेसमा अनियन्त्रित खुल्ला हावाको प्रवेश अनिवार्य रुपमा रोक्नु पर्दछ। हावा छिर्न नदिन फर्नेसभित्र केही अतिरिक्त चाप कायम राख्नु उत्तम हुन्छ। फर्नेसभित्र नकारात्मक चाप भएमा चिरा र प्वालहरुबाट हावा छिर्न सक्दछ जसकारण हावा/इन्धन अनुपात नियन्त्रणमा असर पर्दछ। फर्नेसको चापलाई बेवास्ता गर्नाले चिसो धातु र असमान धातुको तापक्रममा समस्या हुन सक्छ जसकारण forging र rolling जस्ता पछिल्ला संचालन प्रक्रियाहरुमा असर गर्न सक्छ र इन्धन खपतमा बृद्धि गर्न सक्छ।

झ) अक्सिजन संवर्द्धन (inrichment)

हावामा २१% अक्सिजन र ७८ % inert नाइट्रोजनको आयतन हुन्छ। प्रज्वलनको समयमा अक्सिजन इन्धनको कार्बन र हाइड्रोजनसंग जोडिएर ताप निष्कासन गर्दछ। हावाको inert ग्यासले प्रज्वलनबाट निस्केको ताप अवशोषण गर्दछ र फर्नेसबाट बाहिर निकाली ताप चुहावट गराउँछ, आगोको तापक्रम पनि घटाउँछ र जसकारण stock मा तापको विकिरण दर (radiation rate) घटाउँछ। हावाको inert content घटाउन सकिएमा बढी दक्ष प्रज्वलन (efficient combustion) प्राप्त गर्न सकिन्छ। प्रज्वलित हावामा अक्सिजन थपेर त्यसो गर्न सकिन्छ। यसैप्रकार इन्धनको मात्रा नबढाइएमा कम आयतनको सानो ताप क्षमताको कारणले धुवाँको sensible heat lossमा कमि आउँछ।

ञ) फर्नेसका भित्ताहरुबाट हुने ताप चुहावट न्यूनिकरण

Intermitent वा continious फर्नेसहरुमा कुल इन्धन लागतको ३०-४० प्रतिशत हिस्सा ताप चुहावट हुन्छ। औद्योगिक फर्नेसहरुमा पर्याप्त उच्च इन्धन बचत प्राप्तिको लागि उचित रिफ्र्याक्टरी र इन्सुलेसन पदार्थको छनौट धेरै महत्वपूर्ण हुन्छ।

फर्नेसका भित्ताहरुबाट ताप चुहावट न्यून गर्न ताप इन्सुलेसन र तापीय जडत्व (thermal inertia) का विभिन्न संयोजन भएका पदार्थहरुमाथि ध्यान पुर्याउनु पर्दछ। Intermitent फर्नेसका लागि उचित गुणस्तर र मोटाई भएको इन्सुलेसन रिफ्र्याक्टरीहरुको प्रयोगले फर्नेसका भित्ताहरुको ताप भण्डारण गर्ने क्षमता र फर्नेसलाई संचालन तापक्रममा ल्याउन लाग्ने समयलाई ६०-७० प्रतिशतसम्म घटाउँछ।

ट) Emissivity मा सुधार ल्याउन सेरामिक कोटिङ

फर्नेसमा ताप प्रशारण मुख्यतः विकिरणमा निर्भर हुन्छ जुन emissivity मा भर पर्दछ।साधारण रिफ्र्याक्टरीहरुको emissivity उच्च तापक्रममा घट्छ भने सेरामिक कोटिङले रिफ्र्याक्टरीहरुको emissivity बढ्छ। फर्नेसको भित्री सतहमा उच्च emissivity भएको सेरामिक कोटिङ लगाइएमा emissivity बढ्छ र त्यसले ताप प्रशारण बृद्धिमा योगदान दिन्छ। फर्नेसको प्रकार र operating condition अनुसार ८-२०% सम्मको ऊर्जा बचत प्राप्ति हुने पाइएको छ ।

ठ) प्वालहरु (openings) बाट हुने ताप चुहावटमा रोक

विकिरणको कारणले संचालनको समयमा फर्नेसको ढोका र प्वालहरुबाट ताप चुहावट अवश्यम्भावी छ। ताप चुहावट ढोका/प्वालहरुबाट हुने धुवाँ चुहावटको कारणले पनि हुन्छ। ताप चुहावट रोक्ने सुनिश्चितताको लागि प्वालहरु अनुकुल तह (optimal level) मा राख्नु आवश्यक हुन्छ। फर्नेसमा उचित रुपले चाप नियन्त्रण गरिएमा फर्नेसमा उत्पन्न गरिएको कुल तापको लगभग १% मात्र चुहावट हुन्छ (BEE 2010)। प्वालहरुबाट हुने ताप चुहावट तलको सुत्रबाट गणना गरिन्छः

$$Q = 4.88 * T^{4} * a * A * H / 100$$

Where,
T: absolute temperature (K)
a: factor for total radiation

A: area of opening
H: time (Hr)

ङ) फर्नेसमा खेर जाने तापको पुनर्लाभ

कुनै औद्योगिक प्रक्रियामा इन्धन प्रज्वलन वा रसायनिक प्रतिक्रियाद्वारा उत्पन्न गरी उचित तरिकाले प्रयोगमा नल्याइएको तापलाई खेर जाने ताप भनिन्छ। वातावरणमा गएका तातो प्रज्वलन ग्यासहरु, औद्योगिक प्रक्रियाबाट निस्कने तापहरु र तातो उपकरणका सतहहरुबाट प्रशारण हुने ताप खेर जाने तापका श्रोतहरु हुन सक्छन्।

फर्नेस सामान्यतया उच्च तापक्रम दायरामा संचालन हुने हुनाले फर्नेसबाट बाहिरिने धुवाँबाट हुने ताप चुहावट उल्लेख्य हुन्छ। Stack को तापक्रम धेरै उच्च हुन्छ र फर्नेसमा खेर जाने ताप पुनर्लाभ एउटा मुख्य ऊर्जा दक्षताको अवसर हो। पुनर्लाभ गरिएको खेर जाने तापलाई परम्परागत रुपमा प्रज्वलन हावाको प्रि-हिटिङ गर्न वा वस्तुहरुलाई प्रिहिट गर्न प्रयोग गरिन्छ। खेर जाने ताप पुनर्लाभ तर्फ लाग्नु अघि ताप चुहावटको श्रोतमै न्यूनिकरण सुनिश्चित गर्नु आवश्यक हुन्छ। फर्नेसहरुमा बर्नरको लागि आवश्यक प्रज्वलन हावा प्रिहिट गर्न धुवाँमा खेर जाने तापको पर्याप्त मात्रा रिकुपरेटरको जडान गरी पुनर्लाभ गर्न सकिन्छ।

ढ) ऊर्जा दक्ष बर्नरको प्रयोग

कुनैपनि प्रज्वलन प्रणालीमा प्रयोग हुने बर्नरको इन्धन दक्षताले उक्त प्रणालीको समग्र प्रज्वलन दक्षतामा मुख्य भूमिका खेल्छ। इन्धन दक्ष बर्नरहरु कम अतिरिक्त हावा स्तरमा संचालन हुन्छन् र ७:१ सम्मको turndown अनुपात प्राप्त गर्दछन्। धेरै facilities मा १०-१५ % दायराको ऊर्जा बचत पाइएको छ। Recuperative र regenerative बर्नरले उत्तम प्रज्वलन दक्षता प्रदान गर्दछ र ताप पुनर्लाभको सिद्धान्त अनुसार काम गर्दछ।

४.२४ फर्नेस दक्षता (Furnace Efficiency)

तापको उपयोगी उत्पादन र ताप लागतको अनुपात नै फर्नेसको दक्षता हो। फर्नेसको दक्षता प्रत्यक्ष र अप्रत्यक्ष दुबै विधिद्वारा पत्ता लगाउन सकिन्छ:

क. प्रत्यक्ष विधि: फर्नेसबाट उत्पादित वस्तुको प्रति इकाई तौल बापत खपत भएको इन्धनको परिमाणको मापनद्वारा फर्नेसको दक्षता गणना गरिन्छ।

ख. अप्रत्यक्ष विधि: सबै sensible losses लाई फर्नेसमा हाल्ने इन्धनको लागतबाट घटाएर फर्नेसको दक्षता गणना गरिन्छ।

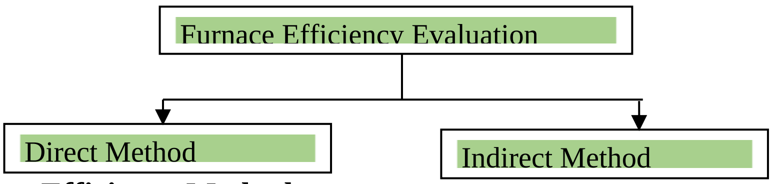


Figure 4.23: Furnace Efficiency Methods

नोट: प्रत्यक्ष र अप्रत्यक्ष विधिद्वारा फर्नेस दक्षता गणनाको विवरण Annex 7 मा दिइएको छ ।

परिच्छेद ५: ऊर्जा परिक्षण प्रतिवेदनको तयारी

प्रतिवेदन तयारी ऊर्जा परिक्षणको एक अत्यन्त महत्वपूर्ण चरण हो। प्रतिवेदन प्रयोग गर्ने विभिन्न सरोकारवालाहरुलाई ध्यानमा राखेर परिक्षण प्रतिवेदन तयार गरिनु पर्दछ। अन्तिम प्रतिवेदनमा तथ्यांक, तथ्यांक विश्लेषण, सिफारिसहरु, ऊर्जा बचत, लागत बचत, कार्यान्वयन लागत र सिफारिस गरिएको ऊर्जा संरक्षण विधि र प्रणाली सुधारहरुको सामान्य भुक्तानी अवधि (simple payback period) समावेश हुनु पर्दछ।

परिक्षण प्रतिवेदन लेख्दा ध्यानमा राख्नुपर्ने केही महत्वपूर्ण बिषयहरु यसप्रकार छन्:

- परिक्षण प्रतिवेदन यसरी लेखिनु पर्दछ कि यसले संभावित पाठकहरु (जो प्रमुख कार्यकारी अधिकृत वा उद्योग व्यवस्थापक, इन्जिनियर वा मर्मत-सम्भार सुपरभाइजर र व्यवसायको शिफ्ट सुपरभाइजर हुन सक्दछन्) लाई उपयुक्त जानकारी प्रदान गरोस्।
- परिक्षण प्रतिवेदनमा संक्षिप्त, सटिक, सिधा र सजिलोसंग बुझिने भाषाको प्रयोग भएको हुनु पर्दछ।
- तथ्यांक, नतिजा र प्रवृत्ति प्रस्तुत् गर्न तालिकाको बदला धेरै ग्राफहरु प्रयोग गर्नु पर्दछ।
- सिफारिस खण्ड निश्चित, प्रष्ट र पर्याप्त विवरणसहितको हुनु पर्दछ।
- विश्लेषणमा बनाइएका धारणाहरुलाई प्रष्ट रुपमा ब्याख्या गरिनु पर्दछ। महत्वपूर्ण धारणाहरुमा परिवर्तन भएमा नतिजामा पर्न सक्ने असरलाई पनि ब्याख्या गरिनु पर्दछ। यसको लागि संवेदनशीलता विश्लेषण (sensitivity analysis) एउटा महत्वपूर्ण औजार हो।
- परिक्षणकर्ताले प्रतिवेदनमा विशेष गरेर नतिजाहरुमा गल्ती तथा त्रुटीहरुबाट जोगिन हरसम्भव प्रयास गर्नु पर्दछ। त्रुटीहरु थोरै मात्र हुँदा पनि परिक्षणको विश्वसनीयतामा क्षति पुग्न सक्छ।
- प्रतिवेदनको ढाँचा र यसमा प्रयोग भएका शब्दावलीहरुमा एकरुपता हुनु पर्दछ।
- गणना (calculation) गरिएका विश्लेषण कार्यहरुमा अझ राम्रो बुझाइको लागि ब्याख्या गरिएको हुनु पर्दछ।

यस अध्ययनबाट प्राप्त अनुभव र विभिन्न प्रतिष्ठित सँस्थाहरुले तयार गरेका विभिन्न EA प्रतिवेदनको समिक्षाका आधारमा चित्रण गरिएका उदाहरणसंगै EA प्रतिवेदनको मानांकीकृत ढाँचा Anenx 2 मा छ। औद्योगिक क्षेत्र वा सुविधाहरुमा सिफारिस गरिएका विकल्पहरु कार्यान्वयन गर्नको लागि प्रविधि र उपकरणको श्रोत थाहा पाउनु जरुरी हुन्छ। तसर्थ प्रविधि र उपकरणका विक्रेता/आपूर्तिकर्ताको सूची उपलब्ध गराउनाले खरिदमा मद्दत पुग्दछ।

५.१ लागत लाभ विश्लेषण

माथिल्लो तहको व्यवस्थापन (top management) लाई लगानीको निर्णय गर्न सक्षम बनाउनको लागि पहिचान गरिएका विकल्पहरुको आर्थिक विश्लेषण (financial analysis) गर्नु महत्वपूर्ण हुन्छ। उक्त विश्लेषण निम्न कुराहरुमा आधारित हुनु पर्दछः

- कुनै समयावधिको ऊर्जा बचत;
- प्राप्त ऊर्जा बचत हुँदा भएको आर्थिक बचत जस्तैः सेवाहरु, वातावरणीय जस्ता अन्य सुधारहरु र मर्मत-सम्भार न्यूनिकरण;
- आवश्यक लगानी।

संभव भएसम्म अवसरहरु (opportunities) पूरा गर्न अपेक्षा वा संचालन गरिएको योजना अवधिभरमा मुल्याङ्कन गरिनु पर्दछ। लागत-लाभ विश्लेषण (cost benefit analysis) गर्ने अनेकौं विधिहरु छन् जस्तैः सामान्य भुक्तानी अवधि (simple pay back period) , Net Present Value (NPV), नगद प्रवाह विधि (cash flow method), Return On Investment (ROI) र Internal Rate of Return (IRR) विधिहरु। सामान्य भुक्तानी विधि सबैभन्दा सरल विधि हो जुन धेरैजसो प्रयोग गरिन्छ। यो निम्न तरिकाले गणना गरिन्छः

सामान्य भुक्तानी अवधि = कुल लगानी/कुल बार्षिक बचत

विभिन्न खोजहरुको सारांश, सिफारिसहरु र लागत लाभ विश्लेषण तालिका तल दिइएको छ।

Table 5.1: Energy Efficiency Options and Payback

SN	Energy Efficiency Option	Annual Savings				Investment (NRs)	Pay Back Period (Months)
		Demand in kVA	Energy in kWh	Fuel Savings in Litres	Value of Savings (NRs)		
१							
२							
Total							

Table 5.2: Types and priority of energy saving measures

S N	Energy Efficiency Option	Types and priority of energy saving measures		
		Annual Electricity/Fuel Saving (kWh/MT)	Annual Savings in NRs.	Priority
१	**No Investment (Immediate)** Optional Improvement House Keeping			
२	**Low Investment** Controls Equipment modification Process change			
३	**High Investment** Energy efficient Devices Product modification Technology change			

नोटः

शून्य लागत विधिः कुनै लगानी आवश्यक नपर्ने, प्रायशः घर व्यवस्थापन र प्रक्रिया सम्बन्धी विधिहरु।

न्यून लागत विधिः रू. ५ लाखसम्मको लगानी र एक वर्षभित्रको भुक्तानी अवधि।

उच्च लागत विधिः ५लाख भन्दा बढीको लगानी र तिन वर्ष भन्दा कमको भुक्तानी अवधि।

Annexes

Annex 1: रुपान्तरण फ्याक्टरहरु (Conversion Factors)

Units	Kcal (०००)	GJ	TCE	TOE
Kilo Calorie	१.००००	०.००४१८६८	०.०००१४२९	०.००००९७२
GJ	२३८.८४५९	१.०००००००	०.०३४१२०८	०.०२३४६२२
TCE	७०००.००	२९.३०७६०००	१.०००००००	०.०६८७६२२
TOE	१०२९०.००	४२.६२१७०००	१.४५४२८८०	१.०००००००

Fuel type	**Unit**	**Kcal (०००)**	**GJ**	**TCE**	**TOE**	**Other**	
Traditional Fuel							
Fuel wood	tonne	४०००	१६.७५	०.५७	०.३९	१.४३	m3
	m3	२८००	११.७२	०.४	०.२७	०.७	tonne
Charcoal	tonne	७१००	२९.७३	१.०१	०.६९	२.८६	m3
	m3	२४८५	१०.४	०.३६	०.२४	०.३५	tonne
Commercial Fuel	**Unit**	**kCal (०००)**	**GJ**	**TCE**	**TOE**	**Others**	
Coal	tonne	६०००	२५.१२	०.८६	०.५८		
LPG	KL		३०.०८			०.६११	Tonne
	Tonne	११७६०	४९.२४	१.६८	१.१४	१.६३७	KL
HSD	KL	९०६०	३७.९३	१.२९	०.८८	०.८३	Tonne
	Tonne	१०९६०	४५.८९	१.५७	१.०७	१.२१	KL
LDO	KL	९३५०	३९.१५	१.३४	०.९१	०.८५	Tonne
	Tonne	१०९६०	४५.८९	१.५७	१.०७	१.१७	KL
FO	KL	९८६०	४१.२८	१.४१	०.९६	०.९३	Tonne
	Tonne	१०५६०	४४.२१	१.५१	१.०३	१.०७	KL
Electricity	MWh	८६०	३.६	०.१२	०.०८	५.७८	GHh from oil

Source: Energy Synopsis Report WECS, 2010

Annex 2: औद्योगिक **क्षेत्रहरुको लागि ऊर्जा परिक्षण प्रतिवेदन ढाँचा (Energy Audit Report format for Industrial Sectors)**

क) प्रतिवेदनको शीर्ष खण्डमा हुनु पर्ने:

- प्रतिवेदनको शीर्षक;
- परिक्षणको प्रकृतिः विद्युतीय प्रणाली र ऊर्जा उपयोगको विस्तृत ऊर्जा परिक्षण;
- क्षेत्र/परिक्षण गरिएको इकाईको नाम;
- परिक्षण गर्ने इकाईको नाम;
- परिक्षण अवधि;
- प्रायोजक र सरोकारवालाहरु।

ख) आभार:

यस खण्डमा परिक्षण टोलीको नेताले मितिसहितको हस्ताक्षर गरेर ग्राहक वा प्रायोजककोतर्फबाट परिक्षण कार्यमा सम्बद्ध मुख्य सरोकारवालाहरुको योगदानको कदर गर्न सक्छ।

ग) अध्ययन टोली:

यस खण्डमा भविष्यमा गर्नुपर्ने आवश्यक छलफलको लागि अध्ययन टोलीका सदस्यहरुको ओहोदासहितको सूची राख्न सकिन्छ।

घ) प्रतिवेदनमा प्रयोग भएका सामाग्री तालिका, तालिका सूची, आँकडा सूची, संक्षेपिकरण, नामाकरणः

यो खण्डमा सजिलोसंग बुझ्नको लागि प्रतिवेदनमा प्रयोग भएका सामाग्री तालिका, तालिका सूची, आँकडा सूची, संक्षेपिकरण र नामाकरणहरु सूचीकृत हुन सक्छन्।

ङ) प्रयोग भएका उपकरणहरुको सूची:

यस खण्डमा ऊर्जा परिक्षणमा प्रयोग भएका उपकरणहरुको सूची उल्लेख गरिनु पर्दछ।

च) सारांश (Summary):

यस खण्डमा प्रतिवेदनले अध्ययनबाट प्राप्त परिणामहरुको संक्षेप प्रस्तुत् गर्न सकिन्छ जसमा कम्तिमा निम्न कुराहरु समावेश हुन सक्छन्:

- परिक्षण गरिएको निकायको आधारभूत् विवरण;
- विद्युतीय क्षेत्रमा पहिचान गरिएका सबै ऊर्जा दक्षता अवसरहरु, विकल्पमा पहिचान गरिएका वार्षिक ऊर्जा बचतका सम्भावनाहरु, वार्षिक रुपमा हुने आर्थिक बचतका सम्भावनाहरु, लगानी आवश्यकता र सामान्य भुक्तानी अवधिसहितको कुनै एक तालिकामा ऊर्जा दक्षता विकल्पको सारांश;

- प्राथमिकतामा परेका विकल्प सूचीः लघु अवधि (एक बर्ष भन्दा कमको सामान्य भुक्तानी अवधि); मध्यम अवधि (एकदेखि ३ वर्षसम्मको सामान्य भुक्तानी अवधि); दीर्घ अवधि (३ बर्ष भन्दा बढीको सामान्य भुक्तानी अवधि)।

परिच्छेद १: परिचय

१.१ अध्ययनको पृष्ठभूमि

१.२ ऊर्जा परिक्षणका कार्यक्षेत्रहरु

ऊर्जा परिक्षणका कार्यक्षेत्रहरु निम्न छन्:

- KW मा कुल जडित भार र व्यवसायको मुख्य विद्युतीय भार/ड्राइभको सुची, पछिल्लो वर्षको (२०xx-yy) मासिक आधारभूत् उत्पादन, क्षमता उपयोग, विद्युत खपत (NEA), Diesel Gneretor (DG) मा आधारित उत्पादन (यदि र लागू भएमा), सहउत्पादन (cogeneration) र Renewable Energy (RE) मा आधारित उत्पादन, श्रोत अनुसारको र भारित औषत विद्युतको लागत र विविधतामा टिप्पणीसहित समग्र निश्चित विद्युत खपत, प्रामाणिक मूल्यहरुका बारेमा उल्लेख गर्ने;

निम्न क्षेत्रहरुमा लागत लाभ सहित ऊर्जा दक्षता सुधार अवसरहरुः

- Power Factor सुधार;
- भार व्यवस्थापन (उच्चतम माग अनुकूलन);
- DG सेटको कार्यक्षमतामा सुधार;
- यदि भएमा सहउत्पादन अनुप्रयोगको सम्भावना;
- यदि भएमा RE अनुप्रयोग (सौर्य PV) को सम्भावना;
- यदि भएमा बोइलर र बाष्प प्रणालीको परिक्षण;
- खेर जाने ताप पुनर्लाभ;
- HVAC;
- घर व्यवस्थापन आदि ।

१.३ औद्योगिक क्षेत्रको बारेमाः

(विबरणमा स्थान, स्थापना वर्ष, सेवाहरु, हालको सेवा क्षमता, कार्यावधि/दिन र दिन/वर्ष सामान्य संचालन, विद्युतीय तथा तापीय ऊर्जा खपत र वार्षिक लागत प्रस्तुत् गर्न सकिन्छ।)

परिच्छेद २: औद्योगिक क्षेत्रका ऊर्जा प्रणालीहरु

२.१ विद्युतीय ऊर्जा उपयोगका विशेषताहरु:

औद्योगिक क्षेत्रहरुका विद्युतीय ऊर्जा र भार व्यवस्थापन अभ्यासहरु, ग्रिड, डिजेलबाट उत्पादन, सहउत्पादन लागत, power factor, प्रयोग समय अनुसारको महशुल (time of use tariff), अधिकतम माग प्रवृत्ति, निश्चित विद्युतीय ऊर्जा खपत, ऊर्जा खपत गर्ने मुख्य उपकरणहरु (जस्तैः ड्राइभ, रेफ्रिजेरेसन, पम्पिंग, कम्प्रेसर) breakup र खपतलाई असर पुर्याउने कारकहरुसंग सम्बन्धित विशेषताहरु प्रस्तुत् गर्ने।

२.२ तापीय ऊर्जा उपयोगका विशेषताहरुः

औद्योगिक क्षेत्रहरुका तापीय ऊर्जा उपयोग, निश्चित तापीय ऊर्जा खपत, नक्सा, बोइलरको संचालन विशेषता (operational feature) हरु र विशिष्टता (specification) हरु प्रस्तुत् गर्ने।

परिच्छेद ३: रणनीतिक ऊर्जा व्यवस्थापन कार्यक्रम

औद्योगिक क्षेत्रहरुमा रणनीतिक ऊर्जा व्यवस्थापन कार्यक्रमको औचित्यताको आधार, ऊर्जा दक्षतामा व्यवस्थापनको प्रतिबद्धताको लागि वान्छनीय स्वेच्छिक नीति, MIS प्रणालीको वान्छनीय विशेषताहरु र समयानुसार व्यवसाय सेवालाई स्तरोन्नति।

परिच्छेद ४: ऊर्जा दक्षता अवसरहरु

प्रतिवेदनले यस खण्डमा हरेक अवसरको निम्न पक्षहरु प्रस्तुत गर्दै प्रष्ट शैलीमा विद्युतीय प्रणालीहरुमा ऊर्जा दक्षताका अवसरहरुलाई समेट्नेः

- ऊर्जा दक्षताका अवसरहरुको शीर्षक (EE opportunity);
- बर्तमान अवस्था;
- सिफारिस;
- लागत लाभ;
- विकल्पहरुको कार्यान्वयनमा आवश्यक अनुमानित लगानी;
- लागत लाभ (cost benefit) ले महिना वा वर्षहरुको सामान्य भुक्तानी अवधि (simple payback period) देखाउँछ।

कार्य योजनाः

ऊर्जा परिक्षण प्रतिवेदनमा निम्न कार्ययोजनाहरु तयार गरी बुझाउनु पर्दछः

क्र.सं.	EE विधिहरु	जिम्मेवार ब्यक्ति	कार्यान्वयन मिति		समय सिमा	टिप्पणीहरु
			शुरु	समाप्त		

परिच्छेद ५: Exhibits: प्रासांगिक भएमा विक्रेताको जानकारी

ऊर्जा दक्षता विधि (measure)हरुको सूची धेरै विस्तृत र क्षेत्र (sector) तथा अनुप्रयोग (application) विशिष्ट हुन्छ र मोटामोटी रुपमा निम्न विधिहरु समावेश हुन सक्छन्:

- उच्चतम माग अनुकूलन गर्ने, समय अनुसार महशुलको फायदा उठाउनको लागि भार बदल्ने (load shifting);
- पावर फ्याक्टर सुधार, स्वचालित पावर फ्याक्टर नियन्त्रण (APFC);
- ऊर्जा दक्षता क्षमता नियन्त्रण (energy efficient capacity control) को लागि variable speed drive को अनुप्रयोग;
- उपयोगिताहरु जस्तैः पम्प, पंखा, कम्प्रेसर, रेफ्रिजेरेसन र बत्तीहरुमा ऊर्जा दक्षता प्रकृया गर्ने;
- नविकरण, आधुनिकिकरण र प्रक्रिया परिमार्जन/स्तरोन्नति;
- बोइलर र बाष्प प्रणाली;
- DG सेट, विद्युतीय भट्टी, हिटर, ओभन र मेल्टिङ बाथ आदिमा दक्षता सुधार;
- सहउत्पादन अपनाउने;
- तापक्रम नियन्त्रण, occupancy sensors, भवन ऊर्जा व्यवस्थापन प्रणाली जस्ता स्वचालन विधि अपनाउने;
- राम्रो क्षमता उपयोगिताको लागि भारमा सुधार;

- कम्प्रेस्ड हावा, पम्प, पंखा र रेफ्रिजेरेसनबाट चुहावट र wastage कम गर्न घर व्यवस्थापनमा सुधार;
- Heat Exchanger को कार्यक्षमता सुधारको लागि कन्डेन्सर डि-स्केलिङ;
- संभव भएसम्म RE अनुप्रयोग।

परिच्छेद ६: दस्तावेज (Exhibits)

ऊर्जा परिक्षण प्रतिवेदनमा आवश्यकता अनुसार प्रष्टता, राम्रो बुझाईको लागि त्यसका तथ्यांकको समर्थनमा नमुनाहरु र निम्न जानकारीहरु समावेश हुन सक्छन्:

- रेखाचित्रहरु (line diagrams);
- प्रविधिको विस्तृत विवरण (technical specifications);
- बनौट तथ्यांक (design data);
- ताप सन्तुलन (heat balance) जस्ता विस्तृत गणनाहरु;
- विस्तृत मोटर भार सर्भेक्षण, बत्तीको सर्भेक्षण, steam trap सर्भेक्षण, इन्सुलेसन सर्भेक्षण आदिको विवरण;
- उत्पादन सम्बन्धी लेखोटहरुमा बिक्रेताबारे जानकारी;
- सामान्य सल्लाह (general tips), घर व्यवस्थापन विधिहरु (housekeeping measures), मर्मत-सम्भार निर्देशिका आदि।

यी दस्तावेजहरुले ऊर्जा दक्षता प्रस्तावहरुको व्यवहारिकता बढाउन सरकार, मन्त्रालय,नेपाल विद्युत प्राधिकरण, आर्थिक संस्थाहरु वा भएमा अन्तर्राष्ट्रिय संस्थाहरु (जो प्रचलित र उचित छन्) बाट उपलब्ध कुनै प्रोत्साहन योजनाहरुको सम्बोधन पनि गर्न सकिन्छ।

Annex 3: ऊर्जा परिक्षणका लागि आवश्यक उपकरण (Equipment needed for Energy Audit)

ऊर्जा परिक्षण प्रकृयामा ऊर्जाको identification र quantification को लागि मापन आवश्यक हुन्छ। यी मापनहरुको लागि उपकरणहरुको प्रयोग आवश्यक हुन्छ। यी उपकरणहरु हलुका, टिकाउ, संचालन गर्न सजिलो र तुलनात्मक रुपमा सस्तो हुनु जरुरी छ। सामान्यतया ऊर्जा परिक्षणको दौरानमा अनुगमन गरिने प्यारामिटरहरु निम्न हुन सक्छन्:

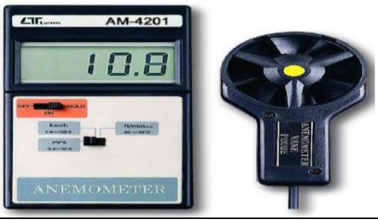
AC प्रणालीमा आधारभूत विद्युतीय प्यारामिटरहरु: भोल्टेज (V), विद्युत प्रवाह (I), पावर फ्याक्टर (PF), सक्रिय शक्ति (kW), स्पष्ट शक्ति (माग) (kVA), प्रतिक्रियात्मक शक्ति (reactive power, kVAR), ऊर्जा खपत (kWh), आबृत्ति (frequency, Hz), हार्मोनिक्स आदि ।

DC प्रणालीमा आधारभूत विद्युतीय प्यारामिटरहरु: भोल्टेज (V), विद्युत प्रवाह (I), शक्ति (power, kW), ऊर्जा खपत (kWh) आदि।

विद्युतीय बाहेक अन्य महत्वपूर्ण प्यारामिटरहरु जस्तै: तापक्रम र ताप बहाव, विकिरण, हावा र ग्यासको बहाव, तरल (liquid)को बहाव, प्रति मिनेटको घुमाई (RPM), हावाको वेग, आवाज र कम्पन, धुलोको मात्रा, कुल घुलित ठोस (total dissolved solid), pH, ओसिलोपनाको मात्रा, सापेक्षित आर्द्रता, flue gas को विश्लेषण: कार्बन डाइअक्साइड, अक्सिजन, कार्बन मोनोअक्साइड, सल्फर, नाइट्रोजनका अक्साइडहरु, प्रज्वलन दक्षता आदि।

व्यावसायिक क्षेत्रहरुमा ऊर्जा परिक्षण संचालन गर्न निम्न ऊर्जा अनुगमन/मापन उपकरणहरु आवश्यक पर्दछन्:

SN	Equipment	Equipment's Image	To Measure
1.	Electrical Power Analyzer (Three Phase)		Used to measure electrical parameters such as kVA, kW, PF, Hertz, Amps and Volts, etc. In addition some of these instruments also measure harmonics. It is used for recording the data
2.	Electrical Power Clam Meter		Used to measure electrical parameters such as kVA, kW, PF and Ampere.

SN	Equipment	Equipment's Image	To Measure
3.	Combustion Analyzer/ Gas analyzer/Fyrite kit		This device is used to analyze the composition of flue gas from boilers and hot water generators. It measures gases such as O_2, CO, CO_2 in the flue gas and calculates the combustion efficiency.
4.	Contact thermometer		Used to measure flue gas, hot air, hot water temperatures by insertion of probe into the stream. For surface temperature, a leaf type probe is used with the same instrument.
5.	Infrared Thermometer		Infrared thermometer when directed at a heat source directly gives the temperature read out. This instrument is useful for measuring hot spots in furnaces, surface temperatures etc.
6.	Anemometer		Used to measure air velocity to calculate air flow from a given area. Total flow is measured by multiplying air velocity and area cross-section
7.	Ultrasonic flow meter		Used to measure the flow of liquid. It uses ultrasonic transducers that measure the average velocity along the path of an emitted beam of ultrasound based on which calculates volumetric flow.
8.	Digital Camera		To capture images

SN	Equipment	Equipment's Image	To Measure
9.	Thermal Image Camera		Measures the temperature at the surface of the objects. This devices can detect overloaded section of the thermal system. It also locates the fault, leakages, damages part of thermal system.
10.	Lux Meter		Illumination levels are measured with a lux meter. It consist of a photo cell which senses the light output, coverts to electrical impulses which are calibrated as lux.
11.	Humidity Meter		To measure the humidity, WET bulb and DRY bulb thermometer is used.
12.	Leak Detector		Ultrasonic instruments are available which can be used to detect leaks of compressed air and other gases which are normally not possible to detect with human abilities.

Annex 4: ऊर्जा परिक्षणको दौरानमा सुरक्षा सम्बन्धी बिचारहरु (Safety Consideration during energy audit)

ऊर्जा परिक्षण गर्दा विभिन्न उपयोगिता (utilities) र मेशिनरीहरु नजिक रहेर काम गर्नुपर्ने हुन्छ। तसर्थ सुरक्षा सम्बन्धी उपायहरु कुनै पनि ऊर्जा परिक्षण टोलीको लागि एउटा महत्वपूर्ण अंग हुनु पर्दछ। परिक्षण टोलीलाई सुरक्षा कार्यविधिहरु, व्यक्तिगत सुरक्षा उपकरण (Personal Protective Equipment, PPE) को बारेमा पुर्णरुपमा जानकारी दिइनु पर्दछ र टोलीले परिक्षण संचालन गर्दा कहिल्यै पनि आफैंलाई जोखिम अवस्थामा राख्नु हुँदैन। परिक्षकहरुले विद्युतीय प्रणालीहरु वा उच्च तापक्रम हुने उपकरणहरु जस्तैः बोइलर, हिटर आदिमा मापन गर्दा अत्यन्त सावधान हुनु पर्दछ। आवश्यक परेमा विद्युतीय वा एस्बेस्टसका पन्जाहरु लगाउनु पर्दछ।

परिक्षणकर्ताहरु कुनैपनि संचालनरत उपकरण, विशेषतः open drive shafts, पेटी (belt) वा गियरहरु भएका वा कुनैपनि घुम्ने किसिमका मेशिनरीहरुको परिक्षण गर्दा पनि धेरै सावधान हुनु पर्दछ। परिक्षणकर्ताले उपकरण जाँच गर्नुपर्ने र मेशिनको केही भागहरुबाट सूचनाहरु लिनु पर्न सक्ने बारे उपकरण संचालक वा सुपरिवेक्षकलाई जानकारी दिनु पर्दछ। परिक्षणकर्ताले संचालक वा सुपरिवेक्षकलाई अग्रिम जानकारी नदिई कहिल्यै कुनैपनि उपकरणको नजिक जाने र निरिक्षण गर्ने गर्नु हुँदैन। संचालित यन्त्रहरुले आफुतिर तान्न सक्ने हुनाले परिक्षण टोलीले खुल्ला कपडाहरु लगाउनु हुँदैन। निम्न बुँदाहरु भएको एउटा सुरक्षा जाँच तालिका तयार गरी परिक्षण टोलीले आफुसंग लैजानु पर्दछः

विद्युत र तापबाट सुरक्षाको लागिः

- संभव भएसम्म विद्युत प्रवाह भइरहेको सर्किटमा काम नगर्ने;
- कुनैपनि उपकरणमा काम गर्नु पहिले सुरक्षित रुपमा विद्युत प्रवाह र स्विचहरु बन्द गर्ने;
- Log Out Tag Out (LOTO) कार्यान्वयन गर्ने;
- हृदयघात हुनबाट रोक्न विद्युत प्रवाहित सर्किटमा मापन गर्दा सँधै एउटा हात खल्तिमा राख्ने कोशिश गर्ने;
- विद्युतीय प्रणालीमा काम गर्दा Vinyl nitrile पन्जा, विद्युतीय सुरक्षा जुत्ता लगाउने;
- विद्युतीय प्रणालीमा काम गर्दा छालाको पन्जा, यान्त्रिक सुरक्षा जुत्ता लगाउने;
- कुनैपनि उपकरणको नजिकै जानु अघि त्यसको तापक्रम infra red gunको प्रयोगले जाँच गर्ने।

श्वासप्रस्वास प्रणालीको सुरक्षाको लागि:

- आवश्यक पर्दा पुरा अनुहार ढाक्ने उचित कण (particle) छान्ने प्रकारको स्वास फेर्ने मास्क लगाउने;
- कम सघन हानिकारक ग्यासहरुको नजिक काम गर्दा मास्कमा सक्रिय कार्बन कार्तुस (cartridge) को प्रयोग गर्ने, नियमित रुपमा कार्तुस परिवर्तन गर्ने;

- विषाक्त वातावरणमा काम गर्दा आत्मनिहित (self contained) श्वासप्रस्वास उपकरण (breathing aparatus) को प्रयोग गर्ने।

श्रवण प्रणाली (Hearing System**) को सुरक्षाको लागि**;

- ठूलो आवाज आउने क्षेत्रहरुमा काम गर्दा कान थुन्ने वा कान ढाक्ने यन्त्रको प्रयोग गर्ने।

Annex 5: आधारभूत् तथ्यांक संकलन ढाँचा (Baseline Data Collection Format)

Parameters	**Information**
Name of Industrial Sector	
Year of Establishment (A.D.):	
Scale: (Large/Medium/Small)	
Reference baseline year A.D.:	
Production Capacity MT or KL	
Annual Production MT or KL	
Location:	
Contact Person:	
Designation:	
Telephone Number:	
E-mail:	
Website:	
No of Employees:	
Presence of Energy Manager:	
Compliance with any National/International Standard (NS/ISO):	
Energy Aspects:	
A) Electrical Energy	
A1) From NEA Grid in kWh:	
Total Cost of Grid Electricity in NPR:	
Electricity Consumption kWh/MT or kWh/KL	
A2) From Generators:	
Types of Fuel used:	
Fuel Consumed in Liters:	
Total DG Capacity in KVA:	
Diesel Energy Generated in kWh:	
DG Electricity Consumption kWh/MT or kWh/KL	
% of Electrical Energy Generated from DG Set:	
Total Cost of DG Electricity in NPR:	
Total Electrical Energy Consumed (Grid+Captive) in kWh/year:	
Cost of Total Electrical Energy Consumed (Grid+Captive) in NPR:	
B) Thermal Energy	
B1) Types of Fuel used:	
Quantity of fuel consumed in Liter:	
Total cost of Fuel in NPR:	
B2) Types of Fuel used:	
Quantity of fuel consumed in Liter:	
Total cost of Fuel in NPR:	
Total Thermal Energy Consumption in MJ:	
Total Cost of Thermal Energy Consumed in NPR:	
Key Parameters:	
Annual Turnover in Million NPR:	

Parameters	**Information**
Capacity Utilization in %:	
Weighted Average Unit Cost of Electrical Energy in NPR:	
Specific Thermal Energy Consumption in MJ/MT or MJ/KL:	
Specific Electrical Energy Consumption in kWh/MT or kWh/KL:	
Total Annual Cost of Electrical + Thermal Energy in NPR:	

Annex 6: प्रत्यक्ष र अप्रत्यक्ष विधिद्वारा बोइलर दक्षता गणना (Boiler Efficiency calculation by direct and indirect methods)

क) प्रत्यक्ष विधि

यस विधिमा पानीबाट बाष्पमा (चाहिएको स्वरुपमा) परिवर्तन हुँदा feed water ले ग्रहण (gain) गरेको कुल ताप र प्रयोग भएको इन्धनमा रहेको कुल तापको अनुपातलाई तुलना गरिन्छ। दक्षता मुल्याङ्कन गर्नको लागि उपयोगी उत्पादन (sseful output- steam) र ताप लागत (heat input- fuel) को मात्र आवश्यक पर्ने हुनाले यसलाई ‘input-output method’ पनि भनिन्छ।

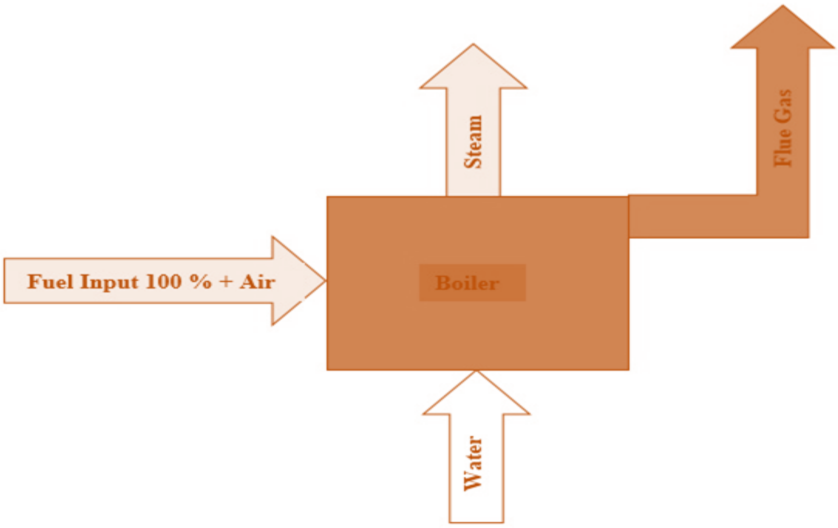


Figure I: Boiler Efficiency Calculations by Direct Method

This efficiency is calculated by given formula:

$$\text{Boiler Efficiency} = \frac{\text{Heat Output}}{\text{Heat Input}} \text{ x } 100$$

$$\text{Boiler Efficiency} = \frac{\text{Heat addition to Steam}}{\text{Gross Heat in Fuel}} \text{ x } 100$$

Boiler Efficiency

$$= \frac{\text{Steam Flow Rate x (Steam enthalpy)} - \text{Feed Water Flow Rate (Feed water enthalpy)}}{\text{Fuel Firing rate x Gross calorific value}} \text{ x } 100$$

$$\text{Boiler Efficiency} = \frac{Qs*hs - Qf*hf)}{q \text{ x } GCV} \text{ x } 100$$

Where,

Qs = Quantity of steam generated in kg/hr.
Qh = Quantity of feed water in kg/hr
q = Quantity of fuel used in kg/hr.
hs = Enthalpy of saturated steam in kcal/kg of steam.
hf = Enthalpy of feed water in kcal/kg of water.
GCV = Gross calorific value of the fuel in kcal/kg of fuel

नोट : कार्यरत चाप (Working Pressure) kg/cm^2 मा, superheat तापक्रम र feed water तापक्रम $^\circ$C मा हुनुपर्दछ।

For Calculating Evaporation Ratio, following formula is used;

$$\text{Evaporation Ratio} = \frac{\text{Quantity of steam generation}}{\text{Quantity of fuel consumption}}$$

प्रत्यक्ष विधिका फायदाहरुः

- बोइलर दक्षता छिटो मुल्याङ्कन गर्न सकिन्छ र लामो गणनाको आवश्यकता पर्दैन;
- केही प्यारामिटरहरुको मात्र आवश्यकता पर्दछ;
- अनुगमनको लागि केही यन्त्रहरुको मात्र आवश्यकता पर्दछ।

ख) अप्रत्यक्ष विधि

१०० बाट ताप चुहावटहरु (heat loss fractions) लाई घटाउँदै दक्षता गणना गरिने हुनाले यो विधिलाई ताप चुहावट विधि पनि भनिन्छ। यो विधिमा दक्षता निर्धारण प्रक्रियामा blow down चुहावट समावेश गरिदैन। अप्रत्यक्ष विधिद्वारा बोइलर दक्षता गणनाको लागि विस्तृत कार्यविधि तल दिइएको छ। यद्यपि यो ध्यानमा राख्नु पर्दछ कि औद्योगिक क्षेत्रहरुमा हालका ऊर्जा व्यवस्थापकहरुले सरल गणना कार्यविधि रुचाउँदछन्।

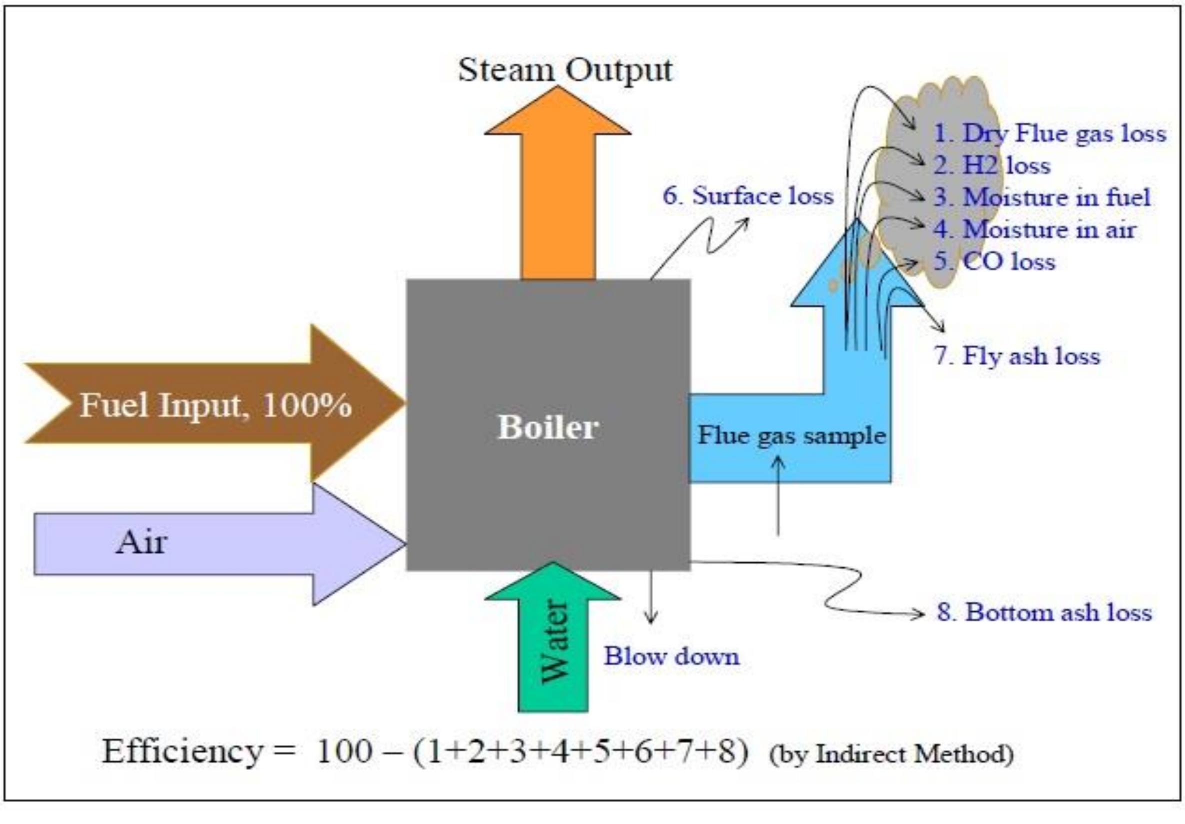


Figure II: Boiler Efficiency by Calculation Indirect Method

निम्न चुहावटहरु तरल, ग्यास र ठोस इन्धनबाट चल्ने बोइलरमा हुन्छन्ः

L1- Loss due to dry flue gas (sensible heat)

L2- Loss due to hydrogen in fuel (H_2)

L3- Loss due to moisture in fuel (H_2O)

L4- Loss due to moisture in air (H_2O)

L5- Loss due to carbon monoxide (CO)

L6- Loss due to surface radiation, convection and other unaccounted *

*Losses which are insignificant and are difficult to measure.

The following losses are applicable to solid fuel fired boiler in addition to above;

L7- Loss due to unburnt in fly ash (carbon)

L8- Loss due to unburnt in bottom ash (carbon)

Boiler Efficiency by Indirect Method = 100 – **(L1+L2+L3+L4+L5+L6+L7+L8)**

अप्रत्यक्ष विधिद्वारा बोइलर दक्षता गणनाको लागि गणना कार्यविधि र शुत्रः

अप्रत्यक्ष विधिद्वारा बोइलर दक्षता गणना गर्न बोइलरमा हुने सबै चुहावटहरु मापन गरिनु पर्दछ। ती चुहावटहरु खपत भएको इन्धनको परिमाणसंग सहज रुपमा सम्बन्धित हुन्छन्।

A) **Theoretical Air required for Combustion =**

$$\frac{[(11.6 * C) + \{34.8 * (H2 - O2/8)\} + (4.35 * S)]}{100}$$

Where,

C = Percentage of Carbon present in the fuel.

H_2 = Percentage of Hydrogen present in the fuel.

O_2 = Percentage of Oxygen present in the fuel.

S = Percentage of Sulphur present in the fuel.

B) **% Excess Air (EA) Supplied =**

$$\frac{O2}{21 - O2} * 100$$

C) **Actual mass of air (AAS) supplied/ kg of fuel =**

$$1 + \frac{EA}{100} * Theoretical\ Air$$

1) Heat loss due to dry flue gas (L1) =

$$\frac{m * Cp * (Tf - Ta)}{GCV \text{ of fuel}} * 100$$

Where,

m	=	Mass of dry flue gas in kg/kg of fuel (CO_2+SO_2+ Nitrogen in fuel + Nitrogen in actual mass of air supplied + O२ in flue gas) or m = AAS + १ kg of fuel
Cp	=	Specific heat of flue gas in kCal/kg
Tf	=	Flue gas temperature in ^oC
Ta	=	Ambient air temperature in ^oC

2) Heat loss due to hydrogen in fuel (L2) =

$$\frac{9 * H2\{584 + Cp\,(Tf - Ta)\}}{\text{GCV of fuel}} * 100$$

Where,

H_2	=	Kg of hydrogen present in fuel on 1 kg basis
Cp	=	Specific heat of superheated steam in kCal/kg ^oC
Tf	=	Flue gas temperature in ^oC
Ta	=	Ambient air temperature in ^oC
584	=	Latent heat corresponding to partial pressure of water vapour

3) Heat loss due to moisture present in fuel (L3) =

$$\frac{M * \{584 + Cp(Tf - Ta)\}}{\text{GCV of fuel}} * 100$$

Where,

M	=	Kg of moisture in fuel in 1 kg basis
Cp	=	Specific heat of superheated steam in kCal/kg ^oC
Tf	=	Flue gas temperature in ^oC
Ta	=	Ambient air temperature in ^oC
584	=	Latent heat corresponding to partial pressure of water vapour

4) Heat loss due to moisture present in air (L4) =

$$\frac{\{AAS * \text{Humidity factor} * Cp\,(Tf - Ta)\}}{\text{GCV of fuel}} * 100$$

Where,

AAS	=	Actual mass of air supplied per kg of fuel
Humidity Factor	=	Kg of water/ kg of dry air
Cf	=	Specific heat of superheated steam in kCal/kg ^oC

Tf	=	Flue gas temperature in ^{o}C
Ta	=	Ambient air temperature in ^{o}C (dry bulb)

5) Heat loss due to incomplete combustion (L5) =

$$\frac{\%CO * C}{\%CO + CO_2} * \frac{5744}{GCV\ of\ fuel} * 100$$

Where,

CO	=	Volume of CO in flue gas leaving economizer (%)
CO_2	=	Actual volume of CO२ in flue gas (%)
C	=	Carbon content kg/kg of fuel
5744	=	Heat loss due to partial combustion of carbon

6) Heat loss due to radiation and convection (L6) =

0.548 * [(Ts / 55.55)^4 - (Ta / 55.55)^4] + 1.957 * (Ts – Ta) 1.25 * sq. rt. of [(196.85 Vm + 68.9) / 68.9]

Where,

Vm	=	Wind velocity in m/s
Ts	=	Surface temperature (K)
Ta	=	Ambient temperature (K)

7) Heat loss due to unburnt in fly ash % (L7) =

$$\frac{Total\ ash\ collected}{kg\ of\ fuel\ burnt} * \frac{GCV\ of\ fly\ ash}{GCV\ of\ fuel} * 100$$

8) Heat loss due to unburnt in bottom ash % (L8) =

$$\frac{Total\ ash\ collected}{kg\ of\ fuel\ burnt} * \frac{GCV\ of\ bottom\ ash}{GCV\ of\ fuel} * 100$$

9) Boiler Efficiency = 100 – Total Losses

= 100 - (L1+L2+L3+L4+L5+L6+L7+L8)

B) For Humidity Factor: The mass of vapour that air contains can be obtained from psychometric charts and typical values are included below:

Dry Bulb Temp °C	**Wet Bulb Temp °C**	**Relative Humidity %**	**Kilogram water per Kilogram dry air (Humidity Factor)**
२०	२०	१००	०.०१६
२०	१४	५०	०.००८
३०	२२	५०	०.०१४
४०	३०	५०	०.०२४

C) Data collection format for Boiler Performance Assessment

S.N.	**Sheet 1- Technical specification of boiler**	
१	Boiler ID code and Make	
२	Year of Manufacture	
३	Boiler capacity rating	
४	Type of Boiler	
५	Type of fuel used in boiler	
६	Maximum fuel flow rate	
७	Fuel GCV	
८	Steam Generation Pressure	
९	Superheat Temperature	
१०	Heat transfer area in sq.mt.	
११	Waste Heat Recovery System	
१२	Type of draft	
१३	Chimney Height (M)	
१४	Fuel Consumption per hour	
१५	Water Consumption per hour	

Sheet 2 – Fuel Analysis Details			
Fuel Fired GCV of fuel Specific gravity of fuel (Liquid) Bulk density of fuel (Solid)			
S.N.	**Proximate Analysis**	**Date of Test**	**Unit**
१	Fixed carbon		%
२	Volatile matter		%
३	Ash		%
४	Moisture		%
S.N.	**Ultimate Analysis**	**Date of Test**	**Unit**
१	Carbon		%
२	Hydrogen		%
३	Sulphur		%
४	Nitrogen		%
५	Ash		%
६	Moisture		%
७	Oxygen		%
S.N.	**Water Analysis**	**Date of Test**	**Unit**
१	Feed water TDS		PPM
२	Blow down TDS		PPM
३	pH of Feed Water		
४	pH of blow down		
S.N.	**Flue Gas Analysis**	**Date of Test**	**Unit**
१	CO_2		%
२	O_2		%
३	CO		%
४	Flue Gas Temperature		^{o}C

Typical Instruments used for Boiler Performance Assessment

Instrument	Type	Measurements
Flue gas analyzer	Portable of Fixed	% CO_2 , O_2 , CO, Temperature (Flue and Air)
Temperature indicator	Thermocouple, Liquid in glass	Fuel temperature, flue gas, combustion air temperature, boiler surface temperature, steam temperature
Draft Gauge	Manometer, differential pressure	Amount of draft used or available
TDS meter	Conductivity	Boiler water, TDS, feed water TDS, make-up water TDS
Flow meter	As applicable	Steam flow, Water flow, Fuel flow, air flow

Sheet 3: Format sheet for boiler efficiency testing

Date: ………………………………… **Boiler Name: …………………………**

SN	Time	Ambient Air		Fuel		Feed Water		Steam			Flue Gas Analysis				Surface Temp. of Boiler, °C
		Dry bulb Temp. °C	Wet bulb Temp. °C	Flow rate kg/hr	Tem °C	Flow rate m^3/hr	Tem °C	Flow rate m^3/hr	Pressure kg/cm^2	Tem °C	O_2 %	CO_2 %	CO %	Tem °C	

………………… ……………….. ……………….

Boiler Operator Boiler In charge Boiler Auditor

D) बोइलर दक्षतालाई असर गर्ने कारक तत्वहरुः

- इन्धनको उचित प्रज्वलनमा सुनिश्चितता र अनुकूल बोइलर दक्षता;
- अतिरिक्त हावाको स्तरको अनुकूलन;
- बोइलर फीड वाटरको प्रि-हिटिङ;
- प्रज्वलन हावाको प्रि-हिटिङ;
- स्केलिङ र क्रस चुहावटको न्यूनिकरण;
- विकिरण (radiation) र संवहन (convection) चुहावट;
- स्वचालित blow down नियन्त्रणको अंगिकरण;

- बाष्पको चाप अनुकूलन;
- पंखा, हावा फ्याँक्ने औजार र पम्पहरुको लागि variable speed control;
- बाष्प लाइनको इन्सुलेसन;
- Trap परिक्षणको लागि उचित trap को छनौट;
- बाष्पबाट पानीको पुनर्लाभ;
- बाष्प चुहावट कमि गर्ने/रोक्ने।

E) Schematic diagram of Boiler System.

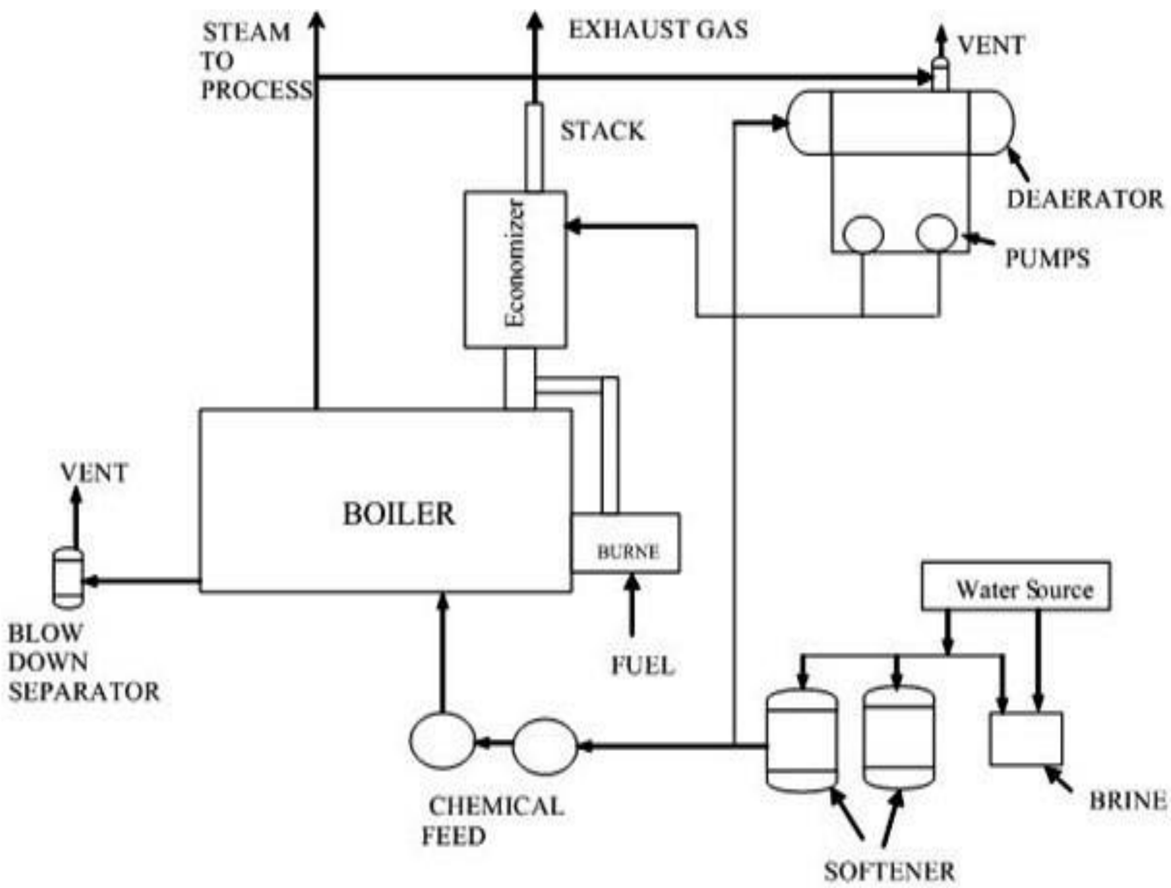


Figure III: Schematic diagram of boiler system

F) Theoretical Combustion Data for Common Boilers fuels

THEORETICAL COMBUSTION DATA – COMMON BOILER FUELS					
Fuel	**kg of air req./kg of fuel**	**kg of flue gas/kg of fuel**	**m^3 of flue/kg of fuel**	**Theoretical CO_2% in dry flue gas**	**CO_2% in flue gas achieved in practice**
Solid Fuels					
Bagasse	३.२	३.४३	२.६१	२०.६५	१०-१२
Coal (bituminous)	१०.८	११.७	९.४०	१८.७०	१०-१३
Lignite	८.४	९.१०	६.९७	१९.४०	९-१३
Paddy Husk	४.६	५.६३	४.५८	१९.८	१४-१५
Wood	५.८	६.४	४.७९	२०.३	११.१३
Liquid Fuels					
Furnace oil	१३.९०	१४.३०	११.५०	१५.०	९-१४
LSHS	१४.०४	१४.६३	१०.७९	१५.५	९-१४

Annex 7: प्रत्यक्ष र अप्रत्यक्ष विधिद्वारा फर्नेस दक्षता गणना (Furnace Efficiency Direct & Indirect Method)

क) प्रत्यक्ष विधिः

Thermal Efficiency of the Furnace = $\frac{\text{Heat in the Stock (Q)}}{\text{Heat in the fuel consumed}}$

$$= \frac{M * Cp * (T2 - T1)}{(m * GCV \text{ of fuel})}$$

Where,
Q – Quantity of heat in kCal
M – Weight of the material in Ton/hr
Cp – Mean specific heat, kCal/kg ^{o}C
T2 – Final Temperature desired, ^{o}C
T1 – Initial Temperature of the charge before it enters the furnace, ^{o}C
m – Mass of fuel in Kg or L

ख) अप्रत्यक्ष विधिः

प्रत्यक्ष विधिद्वारा फर्नेसको दक्षता पत्ता लगाउन प्रतिघण्टा फर्नेस तेलको खपत, पदार्थ उत्पादन, अतिरिक्त हावाको परिमाण, धुवाँको तापक्रम, विभिन्न क्षेत्रहरुमा फर्नेसको तापक्रम, आवरणको तापक्रम र तातो प्रज्वलन हावाको तापक्रम जस्ता विभिन्न प्यारामिटरहरुको आवश्यकता पर्दछ। तलका प्यारामिटरहरु नाप्नको लागि इन्फ्रारेड थर्मोमिटर, इन्धन दक्षता मनिटर, सर्फेस थर्मोकपल र अन्य मापन औजारहरुको आवश्यकता पर्दछः

प्यारामिटरहरु	इकाई	मान
Weight of the input stock, M	Ton/hr	
Initial temperature of material, T1	^{o}C	
Final temperature of material, T2	^{o}C	
Specific heat of material, Cp	kCal/kg ^{o}C	
Fuel consumption, m	Kg/hr	
GCV of fuel used	kCal/kg	

1. Sensible Heat Loss calculation in Flue Gas:

Excess air in flue gas = $(O_2 \times 100) / (21 - O_2)$

Where, O_2 is the actual % of oxygen measured in the flue gas

Sensible heat loss =m x Cp x ΔT

Where,

m = mass of flue gas (theoretical plus excess air)

Cp = Specific heat

ΔT = Temperature difference between flue gas and combustion air

2. Loss Due to Evaporation of Moisture Present in Fuel

% Loss = $M \{584 + 0.45 (T_{fg} - T_{amb})\} * 100 /$ GCV of Fuel

Where,

M - % Moisture of in 1 kg of fuel oil (0.15 kg/kg of fuel oil)

T_{fg} - Flue Gas Temperature

T_{amb} - Ambient temperature

GCV - Gross Calorific Value of Fuel

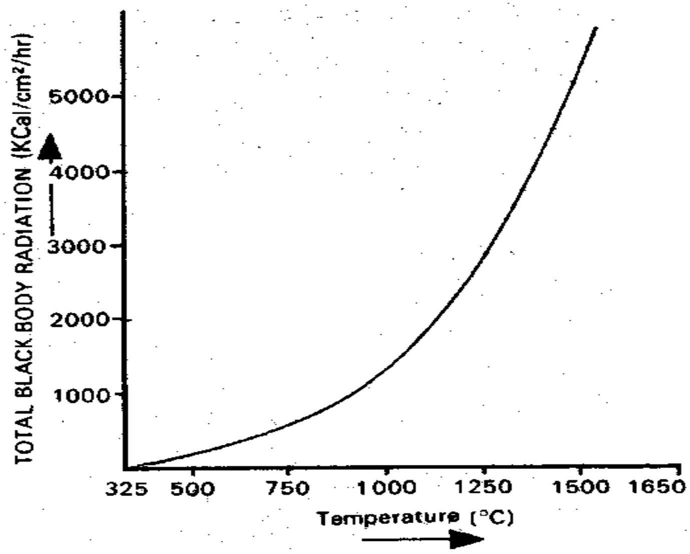
3. Loss Due to Evaporation of Water Formed due to Hydrogen in Fuel

% Loss = 9 x H2 {584 + 0.45 (T_{fg}-Tamb)}* 100/ GCV of Fuel

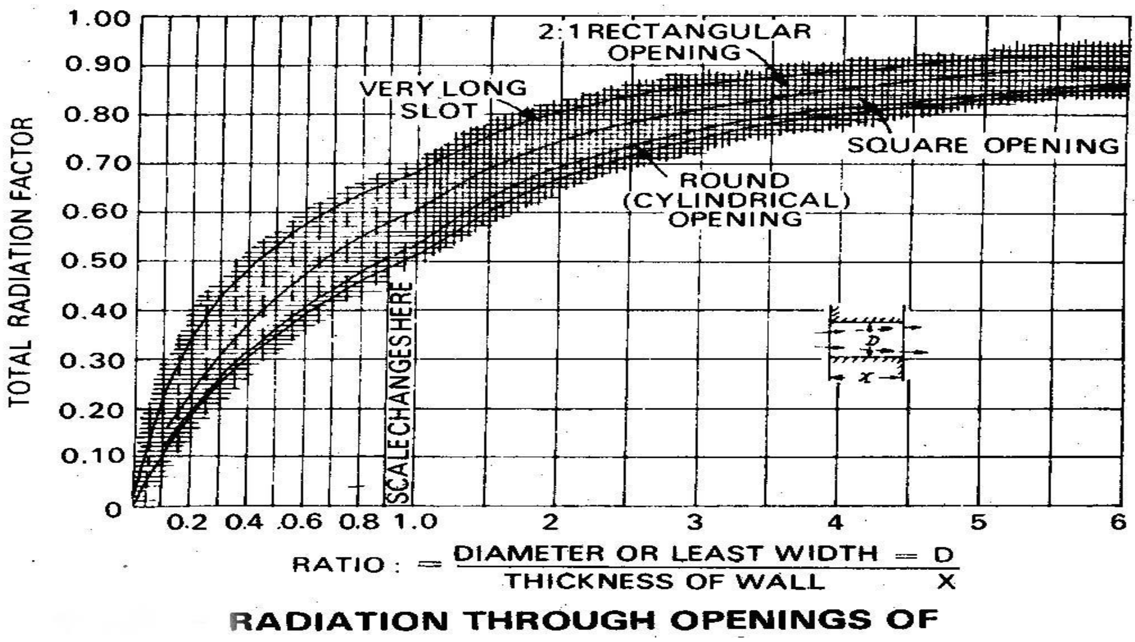
Where, H_2 – % of H_2 in 1 kg of fuel oil (0.1123 kg/kg of fuel oil)

4. प्वालहरुको कारणले हुने ताप चुहावटः

फर्नेसमा कुनै प्वाल भएमा रेडियन्ट तापको रुपमा फर्नेसको ताप बाहिर निस्किन्छ। यस्तो प्वालको कारणले हुने ताप चुहावट फर्नेसको तापक्रममा black body radiation गणना गरेर ती मानहरुलाई emissivity (फर्नेस इटाको कामको लागि प्रायशः ०.८) र प्वालहरुबाट हुने चुहावटको factor ले गुणा गरेर गणना गर्न सकिन्छ। black body radiation चुहावटलाई तल दिइएको चित्रमा जस्तै curve बाट सिधै गणना गर्न सकिन्छ। तल दिइएको ग्राफको मद्दतले प्वालबाट हुने चुहावटको लागि factor पत्ता लगाउन सकिन्छ।



Graph for Determining Black Body Radiation at a Particular Temperature.



Factors for determining the equivalent of heat release from openings to the quantity of heat release from the perfect black body.

5. आवरणबाट हुने ताप चुहावट

सतहबाट हुने ताप चुहावटले फर्नेस प्रणालीमा हुने ताप चुहावटको ठूलो हिस्सा ओगट्दछ। प्रज्वलन हावा आपूर्ति पाइपहरु, इन्धन लाइनहरु र ताप पुनर्लाभ उपकरणका सतहहरु लगायत सबै तातो सतहहरुमा दक्ष इन्सुलेसन हुनु आवश्यक छ। सिफारिस गरिएको इन्सुलेसनको मोटाई मुख्यतया इन्सुलेसन पश्चात चाहिएको सतहको तापक्रममा निर्भर गर्दछ । ऊर्जा र लागत बचत कुल क्षेत्र, तातो सतह र त्यस वरिपरीको तापक्रम, ताप तापक्रम गुणांक (heat temperature coefficient) र फर्नेस संचालन समयावधिमा भर पर्दछ। ताप चुहावट गणनाको लागि सरलिकृत शुत्र तल दिइएको छः

$$S = [10 + (Ts-Ta)/20]*(Ts-Ta)$$

Where,
S = Surface heat loss in kCal/hr/m^2
Ts = Hot surface temperature in ^oC
Ta = Ambient temperature in ^oC
Total heat loss/hr = S*A
Where ‘A’ is the surface area in m^2

६. बेहिसाब (Unaccounted) चुहावट

यी चुहावटहरुमा ताप भण्डारण चुहावट, चार्ज गर्ने ढोका र प्वाल वरपरबाट हुने फर्नेस ग्यासहरुको चुहावट, अपूर्ण प्रज्वलनबाट हुने ताप चुहावट, चुल्होमा प्रवाहन (conduction) को माध्यमबाट हुने ताप चुहावट, स्केल बन्ने (formation of scale) कारणले हुने ताप चुहावट आदि पर्दछन्।

अप्रत्यक्ष विधिद्वारा फर्नेसको दक्षता १ देखि ६ सम्म माथि गणना गरिएका सबै चुहावटहरुको जोडलाई १०० बाट घटाउँदा प्राप्त हुन्छ।

Furnace Efficiency = 100 – (L1+L2+L3+L4+L5+L6)

क) Data collection format for Furnace Performance Assessment

S.N.	Sheet 1- Technical specification of furnace	
१	Furnace ID code and Make	
२	Year of Manufacture	
३	Boiler capacity rating	
४	Type of Furnace	
५	Type of fuel used in furnace	
६	Maximum fuel flow rate	
७	Fuel GCV	
९	Superheat Temperature	
१०	Heat transfer area in sq.mt.	
११	Waste Heat Recovery System	
१२	Type of draft	
१३	Chimney Height (M)	
१४	Fuel Consumption per hour	

Sheet 2 – Fuel Analysis Details			
Fuel Fired GCV of fuel Specific gravity of fuel (Liquid) Bulk density of fuel (Solid)			
S.N.	**Proximate Analysis**	**Date of Test**	**Unit**
१	Fixed carbon		%
२	Volatile matter		%
३	Ash		%
४	Moisture		%
S.N.	**Ultimate Analysis**	**Date of Test**	**Unit**
१	Carbon		%
२	Hydrogen		%
३	Sulphur		%
४	Nitrogen		%
५	Ash		%
६	Moisture		%
७	Oxygen		%

S.N.	**Flue Gas Analysis**	**Date of Test**	**Unit**
१	CO_2		%
२	O_2		%
३	CO		%
४	Flue Gas Temperature		^oC

Annex 8: सतहको ताप चुहावट गणना (Surface Heat Loss Calculation)

Particulars	**Formula/Value**	**Units**
Boiler Efficiency =		%
Area (A)=		m^2
Operating hours per day=		hrs/day
Operating days per year =		days/year
Annual Operating Hours =		hrs
GCV of Fuel =		Kcal/kg
Cost of Fuel per kg =		NPR/kg
Surface Heat Loss (Qs)=	[10+(Ts-Ta)/20]*(Ts-Ta)	Kcal/hr m^2
Total Heat Loss (Q)=	Qs*A	Kcal
Energy Saving per year=	(Q_{before} - Q_{after}) * Annual operating hrs	Kcal
Equivalent fuel saving per year =	Energy saving per year/(GCV of fuel*furnace efficiency)	kg/year
Annual savings in NPR =	fuel savings per year*cost per kg	NPR/year

Annex 9: कम्प्रेसर गणना (Compressor Calculation)

Compressor Specification Data Format

Make	Unit	Value/Remarks
Type		
No. of stages		
Discharge capacity	Nm^3/min	
Discharge pressure	kg/cm^2	
Speed	RPM	
Receiver capacity	m^3	
Motor rating		
Power	kW	
Full-load current	A	
Voltage	V	
Power factor	PF	
Speed	RPM	
Frequency	Hz	
Specific power consumption	$kW/m^3/min$	

Leakage Test in Compressed Air System

Item	Unit	Value/Remarks
Compressed air users	No.	Area/section
Load time (t_1)	min	
Unload time (t_2)	min	
Capacity of compressor	m^3/min	
Leakage = $[t_1/(t_1+t_2)] \times 100$	%	
Leakage = % Leakage * Capacity of compressor	m^3/min	

Capacity Testing of Compressor

Compressor Reference	Unit	Remarks/Value
Receiver volume plus volume of pipeline between receiver and the air compressor (V)	m^3	
Suction air temperature (t_1)	°C	
Discharge air temperature (t_2)	°C	
Initial receiver pressure (P_1)	kg/cm^2	
Final receiver pressure (P_2)	kg/cm^2	
Time taken to fill receiver from P_1 to P_2(T)	min	
Atmospheric pressure (P_0)	kg/cm^2	
Air compressor capacity (free air delivery) Q = $\{(P_2-P_1)/P_0*(V/T)\}*(273+t_1)/(273+t_2)$	Nm^3/min	

Annex 10: HVAC गणना (HVAC Calculation)

Refrigeration and AC system rated specifications

Description	**Unit**	**Value**
Make		
Type		
Capacity of cooling	TR	
Chiller		
• No. of tubes		
• Tube diameter	m	
• Total heat transfer area	m^2	
• Chilled water flow	m^3/hr	
• Chilled water temp difference	^oC	
Condenser		
• No. of tubes		
• Diameter of tubes	m	
• Total heat transfer area	m^2	
• Condenser water flow	m^3/hr	
• Condenser water temp difference	^oC	
Chilled water pump		
• Numbers		
• Capacity	m^3/hr	
• Head developed	mWC	
• Rated power	kW	
• Rated efficiency	%	
Condenser water pump		
• Numbers		
• Capacity	m^3/hr	
• Head developed	mWC	
• Rated power	kW	
• Rated efficiency	%	

Refrigeration and AC system Operating parameters

S.N.	Parameter	Unit	Values
1.	Chilled water flow (using a flow meter or assessed by level difference)	m^3/hr	
2.	Chilled water pump motor input power	kW	
3.	Chilled water pump suction pressure	kg/cm^2	
4.	Chilled water pump discharge pressure	kg/cm^2	
5.	Chiller water inlet temperature to chiller	^oC	
6.	Chiller water outlet temperature from chiller	^oC	
7.	Condenser water inlet temperature	^oC	
8.	Condenser pump suction pressure	kg/cm^2	
9.	Condenser pump discharge pressure	kg/cm^2	
10.	Condenser water outlet temperature	^oC	
11.	Chiller (evaporator) outlet refrigerant temperature	^oC	
12.	Refrigerant pressure	kg/cm^2 (or psig)	
13.	Condenser inlet refrigerant temperature	oC	
14.	Refrigerant pressure	kg/cm^2 (or psig)	
15.	Actual cooling capacity [(1)*(6-5)/3024]	TR	
16.	COP [11/(10-11)]	-	
17.	Compressor motor input power	kW	
18.	Specific energy consumption	kW/TR	
19.	Input power to CT fan	kW	
20.	Input power to chilled water pumps in operation	kW	
21.	Input power to condenser water pumps in operation	kW	
22.	Overall system specific power consumption [(2+17+19+20)/15]	kW/TR	

Annex 11: पम्प गणना (Pump Calculation)

S.N.	Item reference	Units	Value/Remarks
१	***Design Condition***		
२	Pump Reference		
३	Pump Rated Power	kW	
४	Rated Flow rate	m^3/hr	
५	Rated Head	m	
६	Rated Efficiency	%	
	Actual Condition		
७	Actual Power (electrical)	kW	
८	Actual Flow Rate (Q)	m^3/hr	
९	Actual Head (h_{dis}-h_{suc})	m	
१०	Fluid density, ρ	Kg/ m^3	
११	Acceleration due to gravity (g)	m/sec^2	
१२	Hydraulic power = $Q*(h_{dis}-h_{suc})*\rho*g/1000$	kW	
१३	Shaft Power (P_3) = Hydraulic power/pump efficiency, η	kW	
१४	Electrical Input Power = Shaft Power/ motor efficiency, η	kW	

Annex 12: पंखा गणना (Fan Calculation)

Rated Fan specifications

Parameter	Unit	Values
Make		
Type (axial/centrifugal) (Backward curve/forward curve)		
Discharge flow	m^3/hr	
Total head developed	mWC	
Name of fluid medium handled		
Temperature of fluid medium handled	^oC	
Density of fluid handled	Kg/N m^3	
Dust concentration	mg/N m^3	
Flow control type		
Flow control range	%	
Fan input power	kW	
Fan speed	RPM	
Fan efficiency	%	
Specific power consumption	kW/(m^3/hr)	
Fan motor		
Rated power	kW	
Full-load current	amps	
Voltage	volts	
Power factor	pf	
Speed	RPM	
Frequency	Hz	
Efficiency	%	

Fan Operating parameters and performance

SN	Parameter	Unit	Values
१	Fluid (medium) flow (Q) (measured using pitot tube at fan discharge)	m^3/sec	
२	For suction pressure (measured at fan inlet using U-tube manometer)	mmWC	
३	For discharge pressure (measured at fan discharge using U-tube manometer)	mmWC	
४	Total head developed (TDH) [3–4/1000]	mWC	
५	Temperature of fluid medium (measured at fan inlet using a thermometer)	^oC	
६	Density of fluid medium handled (r) (taken from standard data and corrected to operating temperature/pressure conditions)	kg/ m^3	
७	Motor input power (P) measured at motor terminals or switchgear using panel or portable energy meter/power analyzer	kW	
८	Frequency	Hz	
९	Combined efficiency (fan + motor) {(Q x r) (9.81) (TDH/r) x 100}/ P x 1000	%	
१०	Fan efficiency = (Combined efficiency x 100) / Motor efficiency	%	
११	% Motor loading w.r.t rated power	%	
१२	% Motor loading w.r.t rated capacity	%	
१३	% Motor loading w.r.t rated head	%	
१४	Specific power consumption	kW/(m^3/hr)	

Annex 13: ताप चुहावट गणना पद्धति (इटा भट्टा) (Methodology for calculating heat losses (Brick Kiln))

I. Calculation of dry flue gas heat losses:

Temperature of flue gas : ºC
Flow rate of flue gas : kg/s
Specific heat of flue gas : kJ/kg K
Total dry flue gas heat loss per day : MJ/day

II. Calculation of heat loss due to incomplete combustion:

Average CO concentration : ppm
Heat loss % due to incomplete combustion
((CO% x C% fuel) x 5744) / ((CO% + CO_2%) x (GCV)
Calculated heat loss % : %
Total heat loss in MJ/day : MJ/day

III. Calculation of surface temperature heat losses

Ash surface heat loss

Average temperature of the ash surface = ºC
Ambient temperature = ºC
Convective heat loss = kW
Radiative heat loss = kW
Total heat loss = kW
Total Surface area = m^2
Total heat loss in a day (MJ/day) = MJ/day
Heat absorbed by ash from solar radiation (MJ/day) = MJ/day
Net heat loss from the surface (MJ/day) = MJ/day

Tawa surface heat losses

Surface temperature before insulation = ºC
Diameter of Tawa = cm,
No. Tawas = N
Total Surface area = m^2
Convective heat loss = kW
Radiative heat losses = kW
Total heat loss = MJ/day

Annex 14: कुलिङ टावरको कार्यक्षमता (Cooling Tower Performance)

The important parameters, from the point of determining the performance of cooling towers, are:

i. "Range" is the difference between the cooling tower water inlet and outlet temperature.

ii. "Approach" is the difference between the cooling tower outlet cold water temperature and ambient wet bulb temperature. Although, both range and approach should be monitored, the `Approach' is a better indicator of cooling tower performance. Cooling tower effectiveness (in percentage) is the ratio of range, to the ideal range, i.e., difference between cooling water inlet temperature and ambient wet bulb temperature, or in other words it is = Range / (Range + Approach).

iii. Cooling capacity is the heat rejected in kCal/hr or TR, given as product of mass flow rate of water, specific heat and temperature difference.

iv. Evaporation loss is the water quantity evaporated for cooling duty and, theoretically, for every 1000000-kCal heat rejected, evaporation quantity works out to 1.8 m^3. An empirical relation used often is:

Evaporation Loss (m^3/hr) = 0.00085 x 1.8 x circulation rate (m^3/hr) x (T_1-T_2)

T_1-T_2 = Temperature difference between inlet and outlet water.

Source: Perry's Chemical Engineers Handbook

v. Cycles of concentration (C.O.C) is the ratio of dissolved solids in circulating water to the dissolved solids in make-up water.

vi. Blow down losses depend upon cycles of concentration and the evaporation losses and is given by relation:

Blow Down = Evaporation Loss / (C.O.C. – 1)

vii. Liquid/Gas (L/G) ratio, of a cooling tower is the ratio between the water and the air mass flow rates. Against design values, seasonal variations require adjustment and tuning of water and air flow rates to get the best cooling tower effectiveness through measures like water box loading changes, blade angle adjustments.

Thermodynamics also dictate that the heat removed from the water must be equal to the heat absorbed by the surrounding air:

L (T1-T2) = G (h2-h1); L/G = (h2-h1)/ (T1-T2)

Where:

L/G = liquid to gas mass flow ratio (kg/kg).

T_1 = hot water temperature (°C).

T_2 = cold water temperature (°C).

H_2 = enthalpy of air-water vapour mixture at exhaust wet-bulb temperature.

H_1 = enthalpy of air-water vapour mixture at inlet wet-bulb temperature.

Annex 15: टर्बाइनको कार्यक्षमता गणना (Performance Calculation of Turbine)

i. **Steam Turbine Performance, % =**

$$\frac{\text{Actual Enthalpy drop across the turbine, kCal/kg}}{\text{Isentropic Enthalpy drop across the turbine, kCal/kg}} * 100$$

ii. **Gas Turbine Performance:**

a) **Air Compressor Efficiency, % =**

$$\frac{\text{Theoritical temperature rise across the compressor, (deg. C)}}{\text{Actual temperature rise, (deg. C)}} * 100$$

b) **b) Overall Gas Turbine Efficiency = (Compressor + Gas Turbine), % =**

$$\frac{\text{Power Output, kW} * 860}{\text{Fuel Input for Gas Turbine,} \frac{\text{kg}}{\text{hr}} * GCV\ of\ fuel, \frac{kg}{hr}} * 100$$

Annex 16: ऊर्जा परिक्षण संचालनको लागि नमुना माइन्युट

ऊर्जा परिक्षण बैठकको लागि माइन्युट

मितिः

शुरुवातः

(बैठक मिति, बैठक स्थान र कसले बोलाएको थियो) ।

उपस्थितिः

१.

२.

३.

..

अनुपस्थितः

१.

२.

प्रस्तावहरुः

एजेण्डा १.

एजेण्डा २.

निर्णयहरुः

१:

२:

निष्कर्षः

Annex 17: सन्दर्भ सूची

American Society of Mechanical Engineers (ASME), 2009, Energy Assessment for Steam Systems. http://catalog.asme.org/Codes/PrintBook/EA3_2009

Asian Productivity Organization (APO), 2008, Working Manual on Energy auditing in industry. http://www.apo-tokyo.org/00e-

ASPS, 2020. Oklahoma USA, Air Compressor Efficiency, https://www.aspsoklahoma.com/resources/faqs/air-compressor-efficiency/

BEE 2008, Energy Audit Chapter 3, Energy management and audit. India. www.beeindia.nic.in

Bureau of Energy Efficiency-India (BEE), 2008, General Aspect of Energy Management and

Canadian Industry Program for Energy Conservation (CIPEC), 2001, Boilers and Heaters, Improving Energy-efficiency. Natural Resources Canada, Office of Energy-efficiency, Ottawa, Ontario, Canada.

Canadian Industry Program for Energy Conservation (CIPEC), 2002, Energy Efficiency Planning and Management Guide. Available at:

Canadian Industry Program for Energy Conservation (CIPEC), 2009, Energy benchmarking and best practices guidebooks. Available at: http://oee.nrcan.gc.ca/publications/infosource

Central Bureau of Statistics (CBS-Nepal), available at www.cbs.gov.np

Department of Industry, 2074/75, Industrial Statistics, https://www.doind.gov.np/index.php/publications/industry-statistics

DOI, 2017, A Study Report on Competitiveness of Sugar Industries of Nepal.

EEC-FNCCI, fact sheets, Brick, 2015. Energy Efficiency Center – Federation of Nepalese Chambers of Commerce and Industry/Publications, 2015. www.eec-fncci.org

EEC-FNCCI, fact sheets, Cement, 2015. Energy Efficiency Center – Federation of Nepalese Chambers of Commerce and Industry/Publications, 2015. www.eec-fncci.org

EEC-FNCCI, fact sheets, Dairy, 2015. Energy Efficiency Center – Federation of Nepalese Chambers of Commerce and Industry/Publications, 2015. www.eec-fncci.org

EEC-FNCCI, fact sheets, Metal, 2015. Energy Efficiency Center – Federation of Nepalese Chambers of Commerce and Industry/Publications, 2015. www.eec-fncci.org

EEC-FNCCI, fact sheets, Paper, 2015. Energy Efficiency Center – Federation of Nepalese Chambers of Commerce and Industry/Publications, 2015. www.eec-fncci.org

ESPS/DANIDA, April 2004 Baseline Study of Pulp and Paper Industries of Nepal

ESPS/DANIDA, December 2003. Baseline Study of Brick Industries of Nepal

ESPS/DANIDA, December 2004 Baseline Study of Cement Industries of Nepal

ESPS/DANIDA, June 2003. Baseline Study of Dairy Industries of Nepal

ESPS/DANIDA, November. 2002. Baseline Study of Sugar Industries of Nepal

Morvay, Z.K. and Gvozdenac, D.D., 2008, Applied Industrial Energy and Environmental management. John Wiley & Sons Ltd. UK.

National Dairy Development Board, 2017, Annul Progress Report 2017 Nepal www.nddb.gov.np

Nepal Electricity Authority/Consumers/Tariff Rates, 2019 www.nea.org.np

Tutterow, V., 1999. American Council for an Energy-efficient Economy (ACEEE), Energy efficiency in Pumping Systems: Experience and Trends in the Pulp and Paper Industry.

U.S. Department of Energy's Building Technologies Program (US DOE BTP), 2009. http://www1.eere.energy.gov/buildings/technologies

United Nations Environmental Program (UNEP), 2006.Energy Efficiency Guide for Industry in Asia. www.energyefficiencyasia.org

WECS, 2010, "Energy Sector Synopsis Report", Water and Energy Commission Secretariat, Kathmandu, Nepal

WECS, 2012, "National Survey of Energy Consumption and Supply Situation of Nepal", Water and Energy Commission Secretariat, Kathmandu, Nepal

WECS, 2013, "Energy Data Sheet", Water and Energy Commission Secretariat, Kathmandu, Nepal

WECS, 2013, "Water and Energy Vision-2050", 2013, Water and Energy Commission Secretariat, Kathmandu, Nepal