SKOGSINDUSTRIELLA PROGRAMMET 929

Kartläggning och analys av energianvändning inom skogsindustrin inför ”Programmet för energieffektivisering” (PFE)

Jonas Arvidsson, Ann-Mari Carlsson, Nicklas Tarantino, Rolf Wiberg

värmeforsk
VÄRMETEKNISK FORSKNING OCH UTVECKLING

Kartläggning och analys av energianvändning inom skogsindustrin inför ”Programmet för energieffektivisering” (PFE)

Survey and analysis of energy consumption and supply for PFE (Program for energy efficiency)

Jonas Arvidsson, Ann-Mari Carlsson, Nicklas Tarantino, Rolf Wiberg

Projektnummer S4-432

VÄRMEFORSK Service AB
101 53 STOCKHOLM · Tel 08-677 25 80
Maj 2005
ISSN 1653-1248

Förord

Föreliggande rapport har utförts av ÅF Process AB.

Medverkande:
Jonas Arvidsson
Ann-Mari Carlsson
Nicklas Tarantino
Rolf Wiberg (projektledare)

Referensgruppen har bestått av följande personer:

Anna Altner, Södra Cell Värö
Arnold Älmqvist, Stora Enso, Hylte Bruk
Per-Arne Olsson, Stora Enso, Nymölla Bruk
Anders von Dolwitz, Billerud, Gruvöns Bruk
Solveig Eriksson, SCA, Östrands Massafabrik
Mårten Jarl, Holmen Paper AB, Bravikens Pappersbruk
Tage Sundblom, Holmen Paper AB, Hallsta Pappersbruk

Stockholm, april 2005

Rolf Wiberg
ÅF Process AB

Abstract

Denna rapport är en för massa- och pappersindustrin anpassad handbok som beskriver arbetsgång och metodik för energikarläggning och analys enligt ”Programmet för energieffektivisering” (PFE). Handboken ger riktlinjer för omfattning och hantering av ingående huvudmoment. Momenten åskådliggörs med praktiska exempel för två olika typfabriker; ett sulfatmassabruk samt ett mekaniskt massabruk, båda med integrerad papperstillverkning.

Sammanfattning

Den 1 januari 2005 trädde ”Lag om program för energieffektivisering” i kraft. Lagens ändamål är att främja en effektiv användning av energi, och ger energiintensiva företag en möjlighet att delta i ett 5-årigt program för energieffektivisering i utbyte mot befrielse från energiskatten på elektrisk kraft.

Under programperioden skall företagen bland annat införa och certifiera ett energiledningssystem (ELS) i vilket ingår kartläggning och analys av energianvändningen. För deltagande i PFE krävs att kartläggningen och analysen är mer djupgående än vad som föreskrivs enligt Standarden för Energiledningssystem. Den utökade kartläggningen och analysen enligt PFE skall utföras med systemperspektiv samt vara kort- och långsiktig (5/10 år). Vidare skall analysen resultera i eleffektiviserande åtgärder, där företaget åtar sig att genomföra åtgärder med en återbetalningstid på mindre än 3 år.

Föreliggande rapport är en för massa- och pappersindustrin anpassad handbok rörande arbetsgång och metodik för energikartläggning och energianalys, samt för framtagande av förslag till energieffektiviserande åtgärder för värme och el, med tyngdpunkt på det senare.

Handboken ger allmänna riktlinjer för omfattning och för hantering av uppgifter för ingående huvudmoment enligt programmet:

- **Beskrivning av anläggningen**
- **Kartläggning av anläggningens energianvändning**
- **Anläggningens energianvändning på kort sikt**, d.v.s. fram till tidpunkt för programmets slut
- **Anläggningens energianvändning på lång sikt**, för åtminstone 10 år framåt i tiden
- **Sökande efter åtgärder för energieffektivisering,** för PFE ligger fokus på eleffektiviseringar

I rapporten åskådliggörs de olika momenten med praktiska exempel för två olika typbruk:

- ett kemiskt sulfatmassabruk med integrerad pappers- och kartongtillverkning samt massatork för avsalumassa
- ett mekaniskt massabruk med en DIP-anläggning och integrerad tidnings-papperstillverkning

Sökord: PFE, skogsindustri, handbok, energiredovisning, energieffektivisering

Summary

The 1st of January 2005 the law "Program for energy efficiency" (PFE) came into force. The aim of the programme is to promote efficient use of energy in energy intensive industry. Companies joining the 5-years programme do not have to pay the power tax, which was introduced for the industry sector from 1st of July 2004 as a result of the EU energy tax directive. In exchange the companies have to improve the efficiency in electric power consumption.

This report is made as a handbook for the pulp- and paper industry and describes methods and working procedures in energy surveying and analysing according to the PFE-programme. The report also brings forth ideas of energy conservation for heat as well as electric power. The main focus is on energy conservation of electric power.

The handbook gives general guidelines for the management of the principal action steps according to the program:

- **Description of the mill**
- **Surveying of energy usage in the mill**
- **The energy usage of the mill in a short-term period**, i.e. to the end of the program
- **The energy usage of the mill in a long-term period**, for about 10 years ahead
- **The search for measures of electric power conservation,** with pay-off time less than three years

The report shows applied examples of the steps above for two different model mills:

- A chemical pulp mill for market pulp and for production of carton board and fine paper

- A newsprint mill based on thermo mechanical pulp and deinked pulp.

Key words: PFE, forest industry, hand book, energy accounting, energy efficiency

Innehållsförteckning

1 INLEDNING 1

1.1 BAKGRUND 1
1.2 MÅL OCH MÅLGRUPP 2
1.3 KRAV ENLIGT PFE 2

2 PLANERING INFÖR ENERGIKARTLÄGGNING OCH ENERGIANALYS 8

2.1 INLEDNING 8
2.2 BESKRIVNING AV ANLÄGGNINGEN 9
2.3 GRÄNSER FÖR INDELNING I AVDELNINGAR/STÖRRE DELPROCESSER 9
2.4 RIKTLINJER FÖR REDOVISNING AV VÄRMEBALANS 11
2.5 RIKTLINJER FÖR REDOVISNING AV ELBALANS 12
2.6 RIKTLINJER FÖR REDOVISNING AV BRÄNSLEN 14
2.7 IDENTIFIERING AV VIKTIGA PARAMETRAR FÖR ENERGIANVÄNDNINGEN I RESPEKTIVE AVDELNING 15
2.8 PRODUKTIONSTAL FÖR AVDELNINGAR/DELPROCESSER VID ENERGIJÄMFÖRELSE 16
2.9 INDATA/CHECKLISTA FÖR ENERGIKARTLÄGGNING 18
2.10 RIKTLINJER FÖR HANTERING AV EXTERNA ENHETER 18

3 ENERGIKARTLÄGGNING NU OCH PÅ KORT/LÅNG SIKT 20

3.1 STRUKTURERING AV BEFINTLIGA OCH KOMPLETTERANDE DATA FÖR ENERGIBALANSER 21
3.2 REDOVISNING AV BETYDANDE VARIATIONER I ENERGIANVÄNDNING 29
3.3 BERÄKNING AV SPECIFIKA TAL ENERGIANVÄNDNING/ENERGIPRODUKTION 31
3.4 SEPARAT REDOVISNING AV AVDELNING/PROCESS MED BETYDANDE ENERGIANVÄNDNING 34
3.5 BERÄKNING AV ENERGITILLFÖRSEL FÖR BALANSER PÅ KORT SIKT 35
3.6 RIKTLINJER FÖR BERÄKNING AV ENERGIANVÄNDNING/TILLFÖRSEL FÖR BALANSER PÅ LÅNG SIKT 45

4 ANALYS AV MÖJLIGA ÅTGÄRDER OCH ÖVRIGA ENERGIKONSEKVENSER 46

4.1 JÄMFÖRELSER MED REFERENSVÄRDEN 46
4.2 JÄMFÖRELSE MED REFERENSVÄRDEN ENL. KAM/FRAM/BAT ETC. 47
4.3 RIKTLINJER FÖR IDENTIFIERING AV POTENTIELLA ENERGIEFFEKTIVISERINGAR 48
4.4 RIKTLINJER FÖR ENERGIKOSTNADSBEDÖMNING 53
4.5 BEDÖMNING AV EFFEKT AV MÖJLIGA ÅTGÄRDER 56
4.6 RIKTLINJER FÖR DOKUMENTATION AV ANALYSEN 57

5 IDENTIFIERING OCH UTVÄRDERING AV ELEFFEKTIVISERINGAR 58

5.1 RIKTLINJER FÖR TILLVÄGAGÅNGSSÄTT; GROVGALLRING/MÄTNINGAR/UTSÅLLNING/DETALJSTUDIER 58
5.2 DEFINITION OCH KOSTNADSBEDÖMNING AV POTENTIELLA ÅTGÄRDER 60
5.3 RIKTLINJER FÖR DOKUMENTATION, TILLVÄGAGÅNGSSÄTT OCH RESULTAT 62
5.4 RIKTLINJER FÖR DOKUMENTATION AV PROJEKTERADE ÅTGÄRDER (ÅTERBETALNINGSTID < 3 ÅR) 63

6 SAMMANSTÄLLNING AV ERFORDERLIG DOKUMENTATION FÖR PFE 64

7 BERÄKNING OCH REDOVISNING AV VÄRMEFÖRBRUKNING/ -PRODUKTION 66

7.1 BERÄKNING OCH REDOVISNING AV ÅNGFÖRBRUKARES VÄRMEFÖRBRUKNING 66
7.2 BERÄKNING OCH REDOVISNING AV VÄRMEFÖRBRUKNING VID SOTNING 67
7.3 BERÄKNING OCH REDOVISNING AV VÄRMEFÖRBRUKNING VID BOTTENBLÅSNING 68
7.4 BERÄKNING OCH REDOVISNING AV VÄRMEFÖRBRUKNING VID LUFTFÖRVÄRMNING (MED ÅNGA) 69
7.5 BERÄKNING OCH REDOVISNING AV VÄRMEFÖRBRUKNING VID ELPRODUKTION 70
7.6 BERÄKNING OCH REDOVISNING AV VÄRMEPRODUKTION 72

8 LITTERATURREFERENSER 74

9 FÖRKORTNINGAR 75

9.1 STORHETER OCH ENHETER 75
9.2 FÖRKORTNINGAR 75
9.3 ORDLISTA FÖR DEFINITIONER OCH BEGREPP I PFE 76

10 BILAGOR 77

10.1 KEMMASSABRUKETS PRODUKTIONSDATA 77
10.2 KEMMASSABRUKETS TILLFÖRSEL, OMVANDLING OCH DISTRIBUTION AV ENERGI 78
10.3 KEMMASSABRUKETS ENERGIANVÄNDNING 79
10.4 KEMMASSABRUKETS PRODUKTIONSNYCKELTAL 80
10.5 INDATA FÖR KEMMASSABRUKET 81
10.6 MEKMASSABRUKETS PRODUKTIONSDATA 82
10.7 MEKMASSABRUKETS TILLFÖRSEL, OMVANDLING OCH DISTRIBUTION AV ENERGI 83
10.8 MEKMASSABRUKETS ENERGIANVÄNDNING 84
10.9 INDATA FÖR MEKMASSABRUKET 85
10.10 BERÄKNING AV SPECIFIKA TAL FÖR KEMMASSABRUKET 86
10.11 KEMMASSABRUKETS PRODUKTIONSDATA; PÅ KORT SIKT 87
10.12 KEMMASSABRUKETS ENERGIANVÄNDNING; PÅ KORT SIKT 88
10.13 KEMMASSABRUKETS TILLFÖRSEL, OMVANDLING OCH DISTRIBUTION AV ENERGI; PÅ KORT SIKT 89
10.14 MEKMASSABRUKETS PRODUKTIONSDATA; PÅ KORT SIKT 90
10.15 MEKMASSABRUKETS ENERGIANVÄNDNING; PÅ KORT SIKT 91
10.16 MEKMASSABRUKETS TILLFÖRSEL, OMVANDLING OCH DISTRIBUTION AV ENERGI; PÅ KORT SIKT 92
10.17 CHECKLISTA PUMPSYSTEM 93
10.18 CHECKLISTA OMRÖRARE 94
10.19 CHECKLISTA FLÄKTSYSTEM 95
10.20 CHECKLISTA ELMÄTNING 96
10.21 CHECKLISTA ÅNGMÄTNING 97
10.22 SPECIFIK ENERGIÅTGÅNG ENLIGT SKOGSINDUSTRIERNAS ENERGIENKÄT 98
10.23 SPECIFIK ENERGIFÖRBRUKNING KEMMASSABRUK 99
10.24 SPECIFIK ENERGIFÖRBRUKNING MEKMASSABRUK 102
10.25 SAMMANSTÄLLNING FÖR IDENTIFIERADE ELBESPARINGSÅTGÄRDER 104
10.26 ÅTGÄRDSFÖRTECKNING ENLIGT PFE 105

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Den 1 juli 2004 höjdes skatten på processrelaterad el från 0 till 0.5 öre/kWh. Skattehöjningen är en anpassning till EG:s energiskattedirektiv (0.5 Euro/MWh) som också innebär att energiintensiva företag i tillverkningsindustrin kan få skattebefrielse för sin elförbrukning om de vidtar eleffektiviserande åtgärder.

Den 1 januari 2005 trädde ”Lag (**2004:1196**) om program för energieffektivisering” i kraft. Lagens ändamål är att främja en effektiv användning av energi och ger energiintensiva företag en möjlighet att delta i ett 5-årigt program för energieffektivisering. I utbyte befrias företagen från energiskatten på elektrisk kraft, i enlighet med bestämmelserna i lagen (1994:1776, ändrad 1 juli 2004) om skatt på energi.

Programmet för energieffektivisering (PFE) vänder sig till energiintensiva företag i tillverkningsindustrin (SNI-kod 10-37) som använder el i tillverkningsprocessen och som förväntas kunna genomföra de krav som programmet ställer. Huvuddelen av företagen inom svensk massa- och pappersindustri, ca 60 stycken, antas uppfylla lagens kriterier. Företaget kan delta med all verksamhet som motsvarar företagets organisationsnummer eller med del av företaget som kan drivas självständigt och med egna medel.

Statens Energimyndighet är tillsynsmyndighet för PFE, informerar och skriver föreskrifter, tar emot och handlägger ansökan, beslutar om deltagande samt följer upp programmet resultatmässigt. Aktuell information om PFE finns på Energimyndighetens hemsida, www.stem.se .

Under programperioden skall företagen bland annat införa och certifiera ett energiledningssystem (ELS) liknande dagens miljöledningssystem. Kraven enligt PFE avseende rutiner för inköp av elförbrukande utrustning och rutiner för projektering är dock mer omfattande än vad som föreskrivs enligt Standarden för Energiledningssystem, SS 627750.

I ELS ingår kartläggning och analys av energianvändningen, och för deltagande i PFE krävs att kartläggningen och analysen är mer djupgående än vad som föreskrivs enligt Standarden för Energiledningssystem. Den utökade kartläggningen och analysen enligt PFE skall utföras med systemperspektiv samt vara kort- och långsiktig (5/10 år). Vidare skall analysen resultera i eleffektiviserande åtgärder, där företaget åtar sig att genomföra åtgärder med en återbetalningstid på mindre än 3 år.

Programperioden är indelad i två faser. De första två åren skall deltagande företag införa och certifiera sig enligt ett standardiserat energiledningssystem (ELS), skapa rutiner för inköp och projektering, genomföra fördjupad kartläggning och analys samt identifiera eleffektiviserande åtgärder. De tre efterföljande åren skall identifierade

åtgärder med en återbetalningstid < 3 år genomgöras och ELS samt rutiner för inköp och projektering skall tillämpas.

1.2 Mål och målgrupp

Målet med denna handbok är en för skogsindustrin branschgemensam modell för kartläggning och analys av energianvändningen enligt PFE, som syftar till att underlätta analys- och kartläggningsarbetet på fabriksenheterna samt att möjliggöra jämförelser mellan olika enheter.

Modellen grundas på kraven enligt lagen om program för energieffektivisering samt STEM:s föreskrifter och allmänna råd om program för energieffektivisering (**STEMFS 2004:7**). Energimyndighetens handböcker, för energiledningssystem samt för kartläggning och analys av energianvändningen beaktas, men ligger inte till grund för krav.

Arbetet har i huvudsak anpassats till skogsindustrins förhållanden beträffande energianvändningen i integrerade massa- och pappersbruk, baserade på kemisk och mekanisk massa samt returfiber.

Handboken beskriver ambitionsnivå, arbetsgång, hantering av uppgifter, checklistor och riktlinjer för att uppfylla myndighetens krav.

Denna handbok är endast ett hjälpmedel. Krav enligt nationella standarder samt lagar, förordningar och föreskrifter för PFE är dock alltid överordnade denna handbok om myndigheters krav skiljer sig från informationen i denna handbok.

1.3 Krav enligt PFE

Ett företag som deltar i PFE skall till tillsynsmyndigheten, Energimyndigheten, redovisa sina åtaganden enligt PFE vid två tillfällen: efter två år samt vid avslutad programperiod efter fem år. Energimyndigheten skall vid båda dessa tillfällen bedöma om företagets redovisning uppfyller kraven enligt PFE och om befrielsen från elskatt därmed kan fastställas. I båda fallen har företagen 3 månader på sig att inkomma med redovisningen, enligt första stycket i 11 § och 14 § enligt lagen.

Om redovisning ej inlämnas, eller om redovisningen inte kan fastställas kommer Energimyndigheten återkalla företagets godkännande om att delta i programmet, och elskatten måste då betalas tillbaka retroaktivt för hela programperioden.

Om det finns synnerliga skäl får tillsynsmyndigheten, enligt 13 § lagen, besluta att en eleffektiviserande åtgärd som omfattas av en fastställd åtgärdsförteckning inte behöver genomföras under programperioden.

Energikartläggningen och analysen samt åtgärdsförteckningen avseende identifierade eleffektiviserande åtgärder skall redovisas efter programperiodens första två år. För de företag som ansöker om deltagande under perioden 3 januari – 31 mars 2005, och som vill tillgodoräkna sig retroaktiv skattereduktion från 1 juli 2004, anses programperioden

påbörjad den 1 juli 2004 och tvåårsredovisningen skall då inlämnas senast den 30 september 2006.

Vid den slutliga redovisningen efter programperiodens utgång skall resultaten av genomförda åtgärder enligt åtgärdsförteckningen redovisas. Redovisningen skall visa att företaget har uppnått en ökad eleffektivitet enligt vad som avses i 11 § andra stycket 3:e punkten, om program för energieffektivisering.

Krav för att få åtgärdsförteckningen godkänd och för att få godkänt i slutet av programperioden är att de sammantagna eleffektiviserande åtgärderna i slutet av programperioden förväntas medföra ”en ökad eleffektivitet som i stort sett motsvarar vad som skulle ha uppnåtts om en energiskatt i nivå med 0.5 euro per MWh hade tillämpats”.

Om det är nödvändigt, för att uppfylla detta krav, kan åtgärder med längre återbetalningstid fastställas i åtgärdsförteckningen.

Energimyndigheten kommer vid halvårsskiftet 2005 att ge ytterligare förtydliganden avseende tolkning av 11 § andra stycket 3:e punkten. För fortsatt information om råd och riktlinjer från Energimyndigheten, se www.stem.se.

De krav som ställs på kartläggning och analys samt åtgärdsförteckningen framgår av föreskrifter STEMFS 2004:7, i huvudsak 14 § och 15 §.

Enligt 19 § i föreskrifterna kan Statens Energimyndighet om det finns särskilda skäl medge avvikelser och undantag från bestämmelserna i föreskrifterna. Ansökan om undantag görs skriftligen till Statens Energimyndighet.

De krav som finns i föreskrifterna återges nedan och är markerade med fetstil. I anslutning till föreskrifterna finns även allmänna råd, vilka ger förklaringar och förtydliganden och är därmed inte tvingande. Relevanta delar av de allmänna råden återges också nedan. Slutligen har ÅF i vissa fall, utifrån givna krav och råd, gjort en tolkning av innebörden.

1.3.1 Kartläggning och analys

Kartläggningen och analysen enligt 11 § andra stycket 2 lagen om program för energieffektivisering skall avse företagets verksamhet och innehålla följande uppgifter.

1. **Årlig energitillförsel samt energianvändning inklusive väsentliga variationer i energianvändning baserat på mätning och andra underlag.** Väsentliga variationer i energianvändningen kan avse variationer som är betydande och återkommer med viss regelbundenhet, till exempel säsongsvis, veckovis eller dygnsvis. Störningar (såsom i förväg okända och i allmänhet oregelbundna variationer), variationer över konjunkturcykeln eller andra variationer med en tidscykel som överstiger ett år anses i regel inte utgöra väsentliga variationer i energianvändningen.

Tolkning: ÅF:s tolkning av vad som här avses med väsentliga variationer, kan vara processers egna variationer p.g.a. årstid, extern leverans av t.ex. fjärrvärme, kampanjkörning av olika produkter etc. För att kunna åskådliggöra detta kan ofta ett flertal översiktliga energibalanser behöva tas fram, förutom årsmedel även balanser för sommar- och vinterförhållanden samt olika kampanjkörningar, för att på så sätt beskriva variationerna.

2. **Redovisning av bruttotillförd energi, försäljning och nettotillförd energi uppdelat på el, energiprodukter och värme. För utrustning som använder en betydande andel av ett energislag skall redovisningen innefatta separata energibalanser för nettotillförd energi.**
   Användande av en betydande andel av ett energislag bör innebära att energislagets användande överstiger fem procent av företagets sammanlagda användning av energislag.

   Tolkning: Med separata balanser för utrustning med betydande energianvändning behövs inte detaljerade energibalanser tas fram, men energiförbrukningen av det aktuella energislaget ska analyseras och förklaras, t.ex. med avseende på rimlighet och/eller möjlighet till effektivisering.

3. **Redovisning av energiflöden utvisande samband mellan energianvändning i företagets olika produktionsprocesser och hjälpsystem.**

   Tolkning: Med produktionsprocesser avses del av tillverkningsprocess, vilket ÅF tolkar som processavdelning. Med hjälpsystem avses belysning och motordrivna system såsom fläktar, pumpar och annan utrustning som hör till den maskinella utrustningen och som behövs för att processen skall fungera.

4. **Bedömning avseende icke obetydliga förändringar av energianvändningen på kort sikt till följd av planerade eller förväntade ändringar i produktionsförhållandena.**
   Med förändringar i energianvändningen på kort sikt kan avses sådana förändringar som inträffar eller kan komma att inträffa under programperiodens löptid. Uteslutande av obetydliga förändringar innebär att förändringar som saknar betydelse för fastställande av eleffektiviserande åtgärder inte behöver anges.

   Tolkning: Enligt ÅF:s bedömningar, är de förändringar som behöver identifieras sådant som bedöms ha inverkan på energiförsörjning och -förbrukning. Detta kan vara ändrad produktionsvolym, produktmix och/eller råvarumix, men även ändrade processbetingelser och tekniska modifieringar eller nyinstallation av utrustning.
   Detaljnivån i redovisning av energianvändning på kort sikt är ungefär densamma som den som används vid kartläggning av nuvarande/aktuella förhållanden.

5. **Bedömning avseende icke obetydliga förändringar av energianvändningen på lång sikt till följd av planerade eller förväntade ändringar i produktions-**

förhållandena.
Med förändringar i energianvändningen på lång sikt kan avses sådana förändringar som inträffar eller kan komma att inträffa under ca 10 år framåt i tiden. Beträffande begreppet ”obetydliga förändringar”, se ovan.

Tolkning: Samma typ av förändringar som ovan, men dessa bedömningar kan göras mer översiktligt. Huvudsyftet är att se så att de åtgärder till effektivisering som identifieras, utvärderas och beslutas även skall passa in i företagets mer långsiktiga strategi.

6. **Mot bakgrund av den redovisning som sker enligt 1-5 ovan, analys av hur företagets produktionsprocesser och hjälpsystem kan samverka i energieffektiviserande syfte.**

   Tolkning: För massa- och pappersbruk, kan samverkan i energieffektiviserande syfte vara:
   - sekundärvärme för spädvattenförvärmning eller annan lågtempererad process
   - ångvärmebesparing, speciellt i fabriker där det finns elångpannor
   - mottryckskraft och eventuella turbindrivna pumpar

7. **Mot bakgrund av den redovisning som sker enligt 1-5 ovan, angivande av de eleffektiviserande åtgärder i företagets tillverkningsprocess som skall vidtas under återstående programperiod.**

Tolkning: Slutsatserna utifrån kraven i lag och föreskrifter är att samtliga identifierade eleffektiviserande åtgärder i tillverkningsprocessen som har en återbetalningstid på mindre än 3 år skall fastställas i en åtgärdsförteckning. Dessutom skall en handlingsplan finnas för dessa åtgärder.
Åtgärder med längre återbetalningstid kan tas med i en sådan lista för att visa att en genomgripande analys har genomförts. Detta kan vara aktuellt i de fall få åtgärder med mindre än 3 år återbetalningstid kan hittas. Även nyligen redan genomförda åtgärder kan tas med i denna åtgärdsförteckning, för att visa att företaget har jobbat med eleffektiviserande åtgärder och att potentialen för ytterligare åtgärder är relativt begränsad.
Då PFE fokuserar på elanvändning, kan ökad intern elproduktion ej medräknas som eleffektiviserande åtgärd. Energimyndigheten anser dock att detta kan omnämnas för att visa på företagets samlade arbete för ökad energioptimering.

Därtill kommer krav enligt standarden för det energiledningssystem företaget väljer att tillämpa. Enligt PFE måste standarden innehålla krav på fortlöpande kartläggning och analys av energianvändningen samt förteckning över energieffektiviseringsåtgärder som ska vidtas. Därtill ska finnas rutiner som säkerställer att företaget regelbundet övervakar och mäter den energianvändning som har betydelse för att energimålen uppnås.

1.3.2 Åtgärdsförteckning

En åtgärdsförteckning enligt punkt 7 ovan, samt 11 § andra stycket 3:e punkten om program för energieffektivisering skall innehålla följande uppgifter:

1. **Angivande av varje åtgärd skall utföras samt beskrivning av hur varje åtgärd beräknas medföra en effektivisering av elanvändningen.**

2. **Varje åtgärd skall förses med en företagsunik identifikationskod.**

3. **För varje åtgärd skall anges följande uppgifter avseende åtgärdens konsekvenser:**

   a) Uppskattad årlig minskning av elanvändning, angivet i energienhet per år, samt uppskattad årlig minskning av kostnader för el angivet i kronor per år.

   b) Uppskattad årlig förändring av användning av andra energiprodukter än el.

   c) Beräknad investeringskostnad.
   Investeringskostnad kan avse företagets investeringsbelopp, inklusive eventuell kostnad för installation, underhåll och övriga relevanta kostnader som är förknippade med åtgärdens genomförande, exklusive avdragsgill mervärdesskatt, på samma sätt som då sedvanliga investeringskalkyler upprättas.

   d) Uppskattad förändring av övriga kostnader angivet i kronor per år.
   Om åtgärden medför förändring av exempelvis löpande kostnader, som ej utgörs av el- eller energikostnader, bör dessa anges. Övriga kostnader kan utgöras av drift- och underhållskostnader.

   e) Beräknad återbetalningstid enligt 8 § tredje stycket lagen om program för energieffektivisering. Återbetalningstid skall anges som år med en decimal.

   f) Planerad tidpunkt för genomförande angivet i månad och år.

4. **Uppskattad ökad eleffektivitet, i slutet av den aktuella programperioden, av de åtgärder som angivits i åtgärdsförteckningen. Företaget skall även redogöra för de skäl varpå denna uppskattning grundas.**

Kalkyler skall genomföras utan ränteberäkning och skall baseras på den minskade elanvändning som åtgärden förväntas medföra vid en oförändrad produktionsvolym (8 § lagen).

Vid upprättande av åtgärdsförteckning skall elpris beräknas utifrån företagets genomsnittliga elpris under de tolv månader som föregår åtgärdsförteckningens fast-

ställande.

Vid upprättande av åtgärdsförteckning bör kostnad för el och andra energiprodukter samt genomsnittligt elpris beräknas utifrån företagets faktiska kostnader för dessa. Den faktiska kostnaden bör inte överstiga den kostnad som kan beräknas enligt alternativkostnadsprincipen.

Den faktiska kostnaden kan inkludera avgifter och skatter som inköpet är direkt förbundet med, såsom exempelvis nätavgift, kväveoxidavgift netto samt deponi-avgift.

För att visa att kravet på total effektivisering, ”en ökad eleffektivitet som i stort sett motsvarar vad som skulle ha uppnåtts om en energiskatt i nivå med 0.5 euro per MWh hade tillämpats”, beaktas i arbetet med att identifiera och genomföra rimliga åtgärder, bör återbetalningstiden för alla identifierade åtgärder baseras på ett elpris inklusive en elskatt på 0.5 öre/kWh.

2 Planering inför energikartläggning och energianalys

2.1 Inledning

Genomförandet av kartläggningen och analysen är uppdelat i fem huvudmoment enligt upplägget för PFE:

Beskrivning av anläggningen, d.v.s. vilken anläggning som avses och vad som ingår.

Kartläggning av anläggningens energianvändning, d.v.s. hur mycket, var och till vad energin har använts under det aktuella året.

Anläggningens energianvändning på kort sikt, d.v.s. förväntad energianvändning under de närmaste åren (på kort sikt), med hänsyn tagen till planerade och förväntade förändringar fram till tidpunkt för programmets slut.

Anläggningens energianvändning på lång sikt, en övergripande utredning av eventuella större förändringar i anläggningens energianvändning för åtminstone 10 år framåt i tiden (på lång sikt).

Sökande efter åtgärder för energieffektivisering, d.v.s. identifiering, värdering och kvantifiering av konkreta tekniska åtgärder som leder till en effektivare energianvändning. Sökandet utgår från anläggningens energianvändning på kort sikt, eftersom redan planerade förändringar måste ingå i förutsättningarna. För PFE ligger fokus på eleffektiviseringar.

För att åskådliggöra omfattningen av programmet för de olika momenten med praktiska exempel, refereras det i denna handbok till två olika typbruk;

- ett kemiskt sulfatmassabruk med integrerad pappers- och kartongtillverkning samt massatork för avsalumassa. Nämns vidare i rapporten som kemmassa-bruket.
- ett mekaniskt massabruk med en DIP-anläggning och integrerad tidnings-papperstillverkning. Nämns vidare i rapporten som mekmassabruket.

Hjälpmedel inför kartläggning av energianvändning är:

- Fabrikslayout
- Energi- och produktionsstatistik
- Flödesscheman för ång- och kondensatsystem
- Enlinjeschema för eldistribution
- Ställverksförteckning/motorlista
- Processcheman för viktigare energianvändare
- Inköps- och försäljningsstatistik
- Bränsleanalyser och värmevärden

Från dessa hjälpmedel kan det sammanställas en lista över data som behövs för energikartläggningen och var uppgifterna ska hämtas ifrån.

2.2 Beskrivning av anläggningen

Beskrivningen av anläggningen ska visa vilken anläggning som avses och vad som ingår. Vi föreslår att beskrivningen görs i form av ett blockschema, vilket t.ex. kan delas upp i tre delar:

- en beskrivning av huvudenheter/produktionslinjer för tillverkade produkter, med angivande av produktionsvolymer
- en beskrivning av energitillförsel och energiomvandling för anläggningen
- en beskrivning av energianvändningen i tillverkningsprocesserna

Som ett minimum ska anläggningsbeskrivningen tydligt visa vilka delar som omfattas av kartläggningen och analysen. Annan anläggningsinformation av intresse omfattar:

- materieflöden (råvaror, produkter) för de produktionsprocesser som ingår
- energianslutningar (el, bränslen etc.)
- medier (ånga/kondensat etc.)
- produktflöde med mellanlagringar
- övriga materialflöden (biprodukter, restprodukter etc.)

Viktiga fakta om utformning och processutrusning som är relevant för användningen och produktionen av energi kan även ingå i anläggningsbeskrivningen, t.ex. genom att ange typ av kokeri, om vilka pappersmaskiner som har skopress etc.

Exempel på beskrivning av kemmassabruket visas i **Bilaga 10.1** (produktionslinjer /produkter), **Bilaga 10.2** (energitillförsel/energiomvandling) och **Bilaga 10.3** (energianvändning i tillverkningsprocesserna). Vid redovisning inför PFE föreslås att endast inramade uppgifter visas för beskrivningen. Övriga uppgifter som visas i figurerna är underlag som är indata för andra moment i energikartläggningen och analysen.

Motsvarande exempel för mekmassabruket visas i **Bilaga 10.6, 10.7 och 10.8**.

2.3 Gränser för indelning i avdelningar / större delprocesser

Gränser för indelning i avdelningar tjänar som riktmärke för uppdelningen av energiförbrukningen. Beroende på lokala omständigheter och olika utformning av processerna kan gränserna inte alltid komma att överensstämma mellan olika fabriker. Exempel på fördelning för en kemisk och en mekanisk massafabrik, visas i **Tabell 1** respektive **Tabell 2**.

För varje bruk finns anledning att i anläggningsbeskrivningen beskriva vilken typ av processutrustning som ingår och vad som omfattas i respektive avdelning. Speciellt blir det viktigt om särskild utrustning ingår som medför avvikande energianvändning i jämförelse med referensvärden.

Service- eller hjälpavdelningar är avdelningar som inte direkt har att göra med tillverkningsprocessen och/eller som servar flera andra processavdelningar.

Energianvändning för fabrikens varm/hetvattensystem (pumparbete och eventuellt förekommande tillsatsvärme) anses ingå i de avdelningar/delprocesser som har tillhandahållits varm/hetvattenproduktionen.

2.3.1 För kemmassabruket

Tabell 1. Avdelningsindelning, omfattning och gränser för kemmassabruket

Process/Avdelning	Omfattar delprocesser	Gränser
Sulfatmassatillverkning:		
Vedhantering	Vedsortering, barkning, barkhantering, sållning, rejekt-, flis/spånhantering, belysning	Fr.o.m. vedmottagning t.o.m. flissilo före kokare
Fiberlinje:		
Kokeri	Kokare med värmeåtervinning för varm/hetvatten	Fr.o.m. kokeri t.o.m. blåstank/ t.o.m. tunnlutsilning
Sileri/Tvätt	Sileri, tvätt inkl. rejekt-hantering	Fr.o.m. sileri t.o.m. massalager
Syrgasblekning	Syrgassteg	Fr.o.m. massapump t.o.m. blåstank efter reaktor
Slutblekning	Alla förekommande bleksteg	Fr.o.m. massapump t.o.m. massalager
Återvinning:		
Indunstning	Indunstning, stripper, såpa- och talloljehantering	Tunnlut från kokeri till mixtank i sodapanna
Sodapanna	Mavapump, elfilter, luft/rökgasfläktar	Fr.o.m. mixtank t.o.m. lösartank
Kausticering	Kausticering, grönlut, vitlutberedning	Från lösare t.o.m. vitlut till kokeri m.m. / t.o.m. mesafilter
Mesaombränning	Mesaugn inkl. bränslehantering	Fr.o.m. inmatning av mesa t.o.m. utmatning av kalk
Massatorkning:		
Sileri och våtparti	Eftersileri, upptagningsmaskin, förtork, pressparti	Från massalagerpump t.o.m. pressparti
Torkparti	Tork, sax och balning, ventilation, belysning	Efter pressparti t.o.m. balning/lager
Papperstillverkning:		
Mälderi, exkl. malning	Mixtankar, silning, m.m.	Från massalagerpump fram till korta cirkulationen
Malning	Malapparater	
Våtparti	Viraparti inkl. vakuumsystem, korta cirkulationen	Fr.o.m. inloppspump t.o.m. pressparti
Torkparti	Torparti inkl. lufthantering, värmeåtervinning, belysning	Efter pressparti t.o.m. pope
Färdigställning	Superkalander, bestrykning, rullhantering, arkning	Efter pope t.o.m. papperslager
Service-/Hjälpavdelningar:		
Råvatten	Pumpning, mekanisk/kemisk vattenrening	Fr.o.m. råvattenkälla t.o.m. vattenrening
Avloppsrening	Externrening, slamhantering	Fr.o.m. avlopp t.o.m. deponi, bränslesilo
Ångcentral	Bark/oljepanna inkl. mavapump, bränsleförråd, spädvatten- och kondensathantering, turbiner	Fr.o.m. bränslesilo t.o.m. askhantering
Kemikalieberedning	ClO_2, m.m.	

Övr. processervice, hjälpsystem	Tryckluftsystem, kylcentral, verkstad	

2.3.2 För mekmassabruket

Tabell 2. Avdelningsindelning, omfattning och gränser för mekmassabruket

Process/Avdelning	**Omfattar delprocesser**	**Gränser**
TMP tillverkning:		
Vedhantering	Vedsortering, barkning, barkhantering, sållning, rejekt-, flis/spånhantering, belysning	Fr.o.m. vedmottagning t.o.m. flissilo
Raffinörlinje exkl. raffinörer	Flisförbehandling, latency efter raffinering, silning	Från flissilo t.o.m. transport av massa till ev. blektorn, alt. T.o.m. massalager
Raffinörer, primär	Raffinörer	Raffinörer
Raffinörer, rejekt	Rejektraffinörer	Rejektraffinörer
Blekning	Blektorn	Fr.o.m. inmatningsskruv för blektorn t.o.m. pumpning till lager
DIP (returpappershantering):		
DIP-anläggning	Uppslagning, silning, flotation, dispergering, urvattning, rejekt-hantering, kemikalieberedning	Fr.o.m. pappersmottagning t.o.m. massalagertorn
Papperstillverkning:		
Mälderi, exkl. malning	Mixtankar silning, m.m.	Från massalagerpump t.o.m. fram till korta cirkulationen
Malning	Malapparater	
Våtparti	Viraparti inkl. vakuumsystem, korta cirkulationen	Fr.o.m. inloppspump t.o.m. pressparti
Torkparti	Torkparti inkl. lufthantering, värmeåtervinning, belysning	Efter pressparti t.o.m. pope
Färdigställning	Superkalander, bestrykning, rullhantering, arkning	Från pope t.o.m. papperslager
Service-/Hjälpavdelningar:		
Råvatten	Pumpning, mekanisk/kemisk vattenrening	Fr.o.m. råvattenkälla t.o.m. vattenrening
Avloppsrening	Externrening, slamhantering	Fr.o.m. avlopp t.o.m. deponi, bränslesilo
Övrig processervice, hjälpsystem	Tryckluftsystem, kylcentral, verkstad etc.	
Ångcentral	Bark/oljepanna, bränsleförråd, mavapump, spädvatten- och kondensathantering, turbiner	Fr.o.m. bränslesilo t.o.m. askhantering

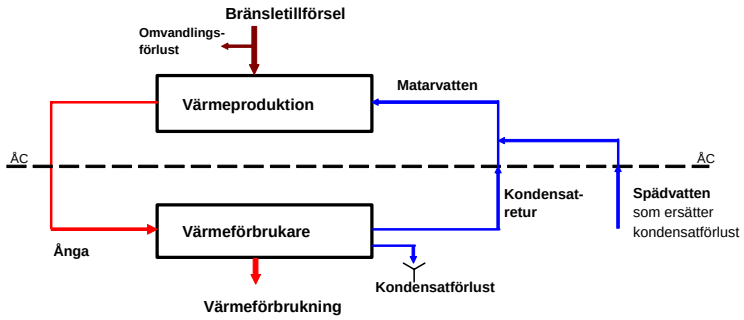
2.4 Riktlinjer för redovisning av värmebalans

Till grund för värmebalansen ligger uppmätta flöden av ånga, kondensat och matarvatten samt energiinnehåll för dessa genom olika tillståndsstorheter som tryck och temperatur.

Det är inte nödvändigt att göra både en ång- och värmebalans, utan man kan gå direkt till att ställa upp en värmebalans, om värden hanteras på ett standardiserat sätt såsom det beskrivs detaljerat i kapitel 7.

Syftet med värmebalansen är att fördela producerat värme från bränslen på anläggningens ångförbrukare. Värmeförbrukare är sådana processer där värme försvinner ut ur systemet som ånga eller kondensat, se **Figur 1**.

Utgångspunkt för värmebalansen är att producerad värmemängd är korrekt. Skillnaden mellan totalt producerad värmemängd och totalt redovisad värmeförbrukning hamnar som en oredovisad post.



Figur 1. Principfigur för värmetillförsel och värmeförbrukare

Figure 1. Principle figure for supply and consumption of heat

2.5 Riktlinjer för redovisning av elbalans

Elförbrukningen ska redovisas som aktiv effekt enligt PFE, vilket också mäts då elenergimätare finns.

Som utgångspunkt för elbalansen för hela anläggningen ligger uppmätta mängder vid köp och egenproduktion samt eventuellt förekommande försäljning. Dessa mätvärden är alltid tillgängliga och har stor noggrannhet.

Därefter tydliggörs olika förbrukare för att kunna bedöma specifik elförbrukning på avdelningsnivå eller processnivå. Det första steget är att fördela den totala energiförbrukningen på olika avdelningar och processer. När det gäller fördelning av förbrukningen måste det finnas effektmätningar som underlag. I moderna ställverk finns effektmätning in, såväl som ut till olika objekt som matas från ställverket. Med nya intelligenta motorstartenheter kan de flesta parametrar tas ut för vidare redovisning av aktiv effekt. I äldre anläggningar finns i regel energimätare på matning till större ställverk med högre spänningsnivå, liksom till större förbrukare som är anslutna till högspänningsställverk (typ raffinörer). I enlinjeschemat kan det oftast utläsas om mätare finns.

Vanligen erhålls mätvärden för avdelningars/delprocessers elförbrukning genom periodvis manuell avläsning av mätare. På grund av dyr hantering har man dragit in på dessa mätningar i många fabriker. Mätvärden saknas därför troligen idag hos flera fabriker för fördelning av elförbrukning på avdelningar. För de som fortfarande gör avläsningar kan värdenas exakthet vara osäkra, eftersom avläsningsperioden inte alltid överensstämmer med månadsskiftet, bl. a. på grund av att avläsningar undviks under helger m.m. Även om korrigeringar förekommer blir värden ändå osäkra. I vissa fall är inte heller mätarnas noggrannhet särskilt hög.

Ett annat problem är att ett ställverk oftast inte bara försörjer ett visst processavsnitt utan även andra objekt som inte tillhör avsnittet. I sådana fall kan kompletterande mätningar eller bedömningar på andra grunder vara nödvändiga för att särskilja elförbrukningen på de olika avdelningarna.

När elförbrukningen är framtagen på avdelningsnivå är det möjligt att redovisa specifik elanvändning, t.ex. en indunstningsanläggning i kWh/ADt eller kWh/ton avdunstat vatten. Därmed kan jämförelse göras som visar elförbrukningens nivå i förhållande till andra referenser.

I den första kartläggningen, som ska baseras på tillgängliga mätare, får mätuppgifter sammanställas så lång det finns underlag. Vid avsaknad av permanenta mätare kan eventuellt energiförbrukning mätas med portabla mätare som riggas upp under en kortare period.

I fabriker som har tillgång till mätvärden för avdelningar såväl som enskilda objekt föreslås att ett urval av större förbrukare inom avdelningen tas med i redovisningen. Dessa större förbrukare kan identifieras med hjälp av el-scheman, ställverksförteckningar och motorlistor.

Elförbrukningar kan framförallt inhämtas på följande sätt:

1. Leverantörsfakturor – inköpt el från elleverantören och/eller levererad mängd av eldistributören
2. Egna befintliga mätare:
    - Elenergimätare sammankopplade till överordnat system
    - Elenergimätare i ställverk och eventuellt till större objekt som avläses manuellt
3. Temporära mätningar med portabel mätare för specifika objekt

I avsaknad av mätvärden för elenergiförbrukning kan man beräkna ungefärlig förbrukning med hjälp av värden på strömförbrukning, spänning och drifttid samt genom uppskattning av effektfaktorn, cos φ, enligt följande formel:

$$W = \sqrt{3} * I * U * \cos \varphi * \text{drifttid i timmar [Wh]}$$

Beräknat värde är dock osäkert genom att antaget värde för effektfaktorn kan avvika väsentligt från verkligt värde beroende på motorns belastning i förhållande till dimensioneringen.

Att uppskatta elförbrukningen med hjälp av förbrukares installerade effekt är ännu osäkrare beroende på att motorinstallationer kan vara överdimensionerade. Vid sådana överslag används ofta faktorn 0.7 för bedömning av effektförbrukningen.

Observera att dessa senare metoder kan användas som ett första steg t.ex. för preliminär uppskattning och fördelning av elförbrukningen för en avdelning. Om dessa beräkningar visar att elförbrukningen är stor kan specifika mätningar genomföras för en noggrannare bedömning. För större förbrukare kan det vara aktuellt att installera permanenta mätare.

2.6 Riktlinjer för redovisning av bränslen

Energitillförsel med bränslen anges med det effektiva värmevärdet vid aktuell fukthalt. Det är tillståndet vid systemgränsen som är bestämmande.

Vid analys/prov av ett bränsle får man oftast värmevärdet uttryckt som kalorimetriskt värmevärde. Vid kalorimetriskt värmevärde är bränslet fullständigt oxiderat och allt vatten förekommer som vätska. Vid effektivt värmevärde förekommer allt vatten som ånga. Sambandet mellan kalorimetriskt och effektivt värmevärde är enligt följande:

$$H_{effektivt,\ torrt} = H_{kalorimetriskt,\ torrt} - 8{,}94 * 2\,454 * X;\ \text{kJ/kg TS}$$

där 8,94 erhålles av att 1 kg H_2 bildar 8,94 kg H_2O,
2 454 kJ/kg är ångbildningsvärmet för vatten vid 20ºC och
X = vätehalt i bränslet; kg/kgTS

För omräkning från effektivt värmevärde för torrt bränsle till fuktigt bränsle gäller:

$$H_{effektivt,\ fuktigt} = H_{effektivt,\ torrt} - 2\,454 * (100 - T) / T;\ \text{kJ/kgTS (kg torrt bränsle)}$$

där T är bränslets torrhalt i %

Exempel på omräkning från kalorimetriskt värmevärde till nyttigt värme för sulfatlut och barrvedsbark ges i **Tabell 3**. För t.ex. lut vid sulfatmassatillverkning gäller speciell korrigering för reduktion av sulfat till sulfid (med reduktionsvärmet 31.5 MJ/kgS, reduktionsgrad 95 % och svavelhalt 0.05 kgS/kgTS blir reduktionsvärmet: 31.5 * 0.95 * 0.05 = 1.5 MJ/kgTS).

Tabell 3. Exempel på omräkning vid olika värmevärden

		Sulfatlut	Barrvedsbark
Kalorimetriskt värmevärde för torrt bränsle	MJ/kgTS	13.8	20.6
Avdrag för reduktion	MJ/kgTS	-1.5	-0.0
Kalorimetriskt värmevärde för torrt bränsle	MJ/kgTS	12.3	20.6
Avdrag för väte i bränsle	MJ/kgTS	-0.8	-1.3
Effektivt värmevärde för torrt bränsle	MJ/kgTS	11.5	19.3
Avdrag för fukt i bränslet	MJ/kgTS	-1.1	-3.7
Effektivt värmevärde för fuktigt bränsle	MJ/kgTS	10.4	15.6
Omvandlingsförluster	MJ/kgTS	-1.5	-2.3
Nyttigt värme	MJ/kgTS	8.9	13.3
Verkningsgrad på effektivt värmevärde för fuktigt bränsle	%	86	85
Vätehalt	kg/kgTS	0.038	0.060
Torrhalt	%	70	40

För de vanligaste bränslena finns värden för effektivt värmevärde för torrt bränsle i bl.a. litteraturer. För fuktiga/våta bränslen återstår då att korrigera för aktuell fukthalt. Ungefärligt riktvärde på effektivt värmevärde för torrt bränsle för några vanliga bränslen inom skogsindustrin ges i **Tabell 4** .

Så långt det är möjligt bör värmevärden som tagits fram med analys av de egna bränslena användas. Det gäller speciellt för lutar, som får olika värmevärden beroende på processbetingelserna.

Tabell 4. Ungefärliga riktvärden för värmevärden på olika bränslen (källa: ÅF m.fl.)

Bränsleslag		$H_{eff, torrt}$ MWh	$H_{eff, torrt}$ GJ	Densitet kg/m^3
1m^3	Eldningsolja 1 (Eo1)	9.96	35.9	840
1 m^3	Eldningsolja 3 (lågsvavlig)	10.54	38.0	910
1 m^3	Eldningsolja 5 (lågsvavlig)	10.76	38.7	940
1 m^3	WRD	10.29	37.0	873
1 t	Gasol (50 % butan 50 % propan)	12.80	46.1	
1 m^3	Beckolja	10.10	36.4	960
1 m^3	Tallolja	9.70	34.9	950
1 t TS	Barrved	5.33	19.2	400
1 t TS	Barrvedsbark	5.33	19.2	
1 t TS	Björkbark	6.25	22.5	
1 m^3	Metanol	4.33	15.6	790

2.7 Identifiering av viktiga parametrar för energianvändningen i respektive avdelning

Energianvändningen beror av flera faktorer; den viktigaste är kanske utformningen och valet av utrustning för processen. Därnäst kan vara under vilka förhållanden som produktionen sker, t.ex. i form av värden för viktiga parametrar som påverkar energianvändningen. Viktiga fakta om utformningen och processutrusning som är relevant för energianvändningen bör har framgått i anläggningsbeskrivningen. I följande avsnitt framhålls vilka parametrar för driftsättet som kan vara betydelsefulla.

Vid energianalys av en avdelning är vissa parametrar viktiga för att förklara energiförbrukningens och energigenereringens storlek. Exempel på viktiga parametrar som påverkar och som är bra att känna till vid dessa analyser ges i **Tabell 5**.

För vedhantering är vissa av parametrarna av betydelse för själva avdelningens energiförbrukning och andra har betydelse för värmeproduktionen från barkeldningen.

Tabell 5. Lista på viktigare parametrar vid analys av nivån på förbrukning/produktion av energi

Avdelning/Delprocess	**Parameter/Variabler**
Kemmassatillverkning:	
Vedhantering	Vedslag, vedförbrukning, barkandel, barkningseffektivitet, vedförlust (barkning, sållning), barktorrhalt
Kokeri	Utbyte, koktemp, vedtemp/fukt, ångfaskokning, luttemperaturer
Sileri/Tvätt	Spädfaktor i tvätt, tvättvätsketemp
Blekeri	Antal bleksteg, blektemperaturer, varm/hetvattentemperaturer
Massatork	torrhalt eft. Press, do eft. Tork, ånglåda, torklufttemp eft. Värmeåtervinning/ångbatteri, torr/våt temp eft. Kåpa,
Mesaugn	Aktivt CaO, mesatorrhalt, rökgastemp, O_2
Indunstning	Antal effekter, luttorrhalt in/ut, avdunstat vatten, TS
Indunstning	Talloljeutbyte
Sodapanna	Luttorrhalt (före mixtank), värmevärde, reduktionsgrad, rökgastemp, O_2, tillsatsbränsle, sotånga, bottenblåsning
Bark/Oljepanna	Värmevärden, rökgastemp, O_2, bränsletorrhalt, sotånga, bottenblåsning
TMP:	
Raffinering	Freeness, vedslag
DIP:	Renhet
Papperstillverkning:	
Mälderi	Massalagringstemperatur – koncentration., fiberförlust, malningsenergi/malgrad
PM, våtparti	Inloppslådekonc., bakvattentemp i kort/lång cirkulation, antal/typ pressar, torrhalt eft. Press, ånglåda
PM, torkparti	Maskinhastighet (pope), ytvikt, torrhalt eft. För-/eftertork, limpålägg, limtorrhalt, torklufttemp eft. Värmeåtervinning/ångbatteri, torr/våt temp eft kåpa, kondensoreffekt
Service:	
	Tryckluftkompressorer, luftflöde

2.8 Produktionstal för avdelningar/delprocesser vid energi-jämförelse

Vid tillverkning av olika produkter som har delvis gemensamma processavdelningar bör fördelningen av energianvändningen eller energiproduktionen göras med hänsyn till hur mycket av avdelningens produktion som utnyttjas för produkten. Sådana gemensamma avdelningar kan t.ex. vara vedhanteringen där energiförbrukningen fördelas i förhållande till produkternas vedförbrukning.

I sulfatmassafabriken är indunstning, mesaugn och kausticering exempel på andra gemensamma avdelningar.

Total avdunstning i indunstningen fås genom differensen mellan uppmätt lutflöde in och ut från indunstningsanläggningen.

Torrlutsubstansen mäts med hjälp av lutflöde, lutdensitet och luttorrhalt till mixtanken.

Kalkproduktionen mäts med hjälp av mesaflöde, koncentration och densitet. Med stickprov mäts mängden kvarvarande $CaCO_3$ för beräkning av mängd ombränd kalkproduktion (CaO).

Vitlutproduktionen mäts direkt genom flödesmätning. Styrkan bör noteras.

För ovannämnda avdelningar kan man redovisa energiåtgång per jämförelseparameter/ avdelningsproduktion såväl som per ton massa. I **Tabell 6** visas exempel sådana jämförelseparametrar.

Avdelningsproduktion och nyckeltal (avdelningsproduktion som specifikt tal, t.ex. avdunstning i indunstningen t_{avd}/ADt) visas för kemmassabruket i **Bilaga 10.4**.

Tabell 6. Lista på parametrar för jämförelse av energiförbrukning/produktion av energi

För sulfatmassatillverkning:

Avdelning/Delprocess	**Produktionstal/parameter**	**Do, enhet**
Vedhantering	Massaproduktion Vedförbrukning	ADt m^3fub
Kokeri	Massaproduktion	ADt
Sileri/Tvätt	Massaproduktion	ADt
Blekeri	Massaproduktion	ADt
Indunstning	Massaproduktion Vattenavdunstning	ADt ton avd. vatten
Mesaugn	Massaproduktion Kalkproduktion	ADt ton kalk
Kausticering	Massaproduktion Vitlutproduktion	ADt m^3
Sodapanna	Massaproduktion Ångproduktion Lut	ADt ton ånga ton TS

För papperstillverkning:

Avdelning/Delprocess	**Produktionstal/parameter**	**Do, enhet**
Mälderi, våtparti	Pappersproduktion (netto)	t
Torkparti	Pappersproduktion (netto) Pappersproduktion (brutto) Vattenavdunstning	t t t

För TMP-tillverkning:

Avdelning/Delprocess	Produktionstal/parameter	Do, enhet
Vedhantering	Massaproduktion Vedförbrukning	ADt m^3fub
TMP	Massaproduktion	ADt

För DIP-tillverkning:

Avdelning/Delprocesss	Produktionstal/parameter	Do, enhet
DIP	Massaproduktion Papperstillförsel	ADt t

2.9 Indata/checklista för energikartläggning

Förslag på indatalista för energikartläggningen beträffande produktion och förbrukning av värme samt inköpta energimängder för kemmassabruket visas i **Bilaga 10.5**. För elenergi kan motsvarande lista ställas upp beroende på tillgång på effektmätare. För mekmassabruket visas motsvarande lista i **Bilaga 10.9**.

Utöver direkta data för själva energikartläggningen är det också viktigt att samla in data för parametrar som är betydelsefulla för energiförbrukningen/genereringen, som har listats i Tabell 5**.**

Kommer ångflöden från mätare som automatiskt korrigeras för aktuella tryck och temperaturer vid mätstället (d.v.s. för aktuell densitet) eller från mätare som är dimensionerade och kalibrerade för aktuella ångdata, kan flödena från avläsningarna tas som de är. Är mätaren inte kalibrerad för aktuella ångdata bör massflödet korrigeras enligt följande. I omräkningen finns också en korrigering medtagen, som behövs om mätaren ursprungligen var fel dimensionerad.

$$Q_{korrekt} = q_{avläst} * (\Delta p / \Delta p_k)^{½} * (p_2 / p_1 * T_1/T_2)^{½} \quad \text{där}$$

Δp = tryckdifferens vid dimensionering av mätorgan
Δp_k = tryckdifferens vid kontrollberäkning av mätorgan
p_1 = ångtryck vid dimensioneringen, i absoluttryck
p_2 = aktuellt ångtryck, i absoluttryck
T_1 = absoluttemperatur vid dimensioneringen, $t_1 + 273$, t_1 i ^oC
T_2 = aktuell absoluttemperatur, $= t_2 + 273$, t_2 i ^oC

Övrig kontroll av mätare framgår av checklista för mätare i **Bilaga 10.20** och **10.21**.

2.10 Riktlinjer för hantering av externa enheter

Externa eller outsoursade enheter kan vara en del av eller hela ångcentralen, kemikalieberedning m.m. Normalt ska sådana enheter inte ingå i anläggningsbeskrivningen och inte heller energianvändningen för dessa eftersom de inte tillhör

företaget. Vid jämförelse mellan anläggningar kan det däremot finnas tekniskt intresse att inkludera energianvändningen.

Med outsoursade ångcentraler är det energislaget för energin som köps som används i anläggningens energiförbrukning.

Externa energileveranser av el och värme kan förekomma till intilliggande sågverk, till fjärrvärmesystem i angränsande ort m.m. Denna energiförbrukning hanteras som försåld och skall räknas bort för att få anläggningens nettotillförda energi.

3 Energikartläggning nu och på kort / lång sikt

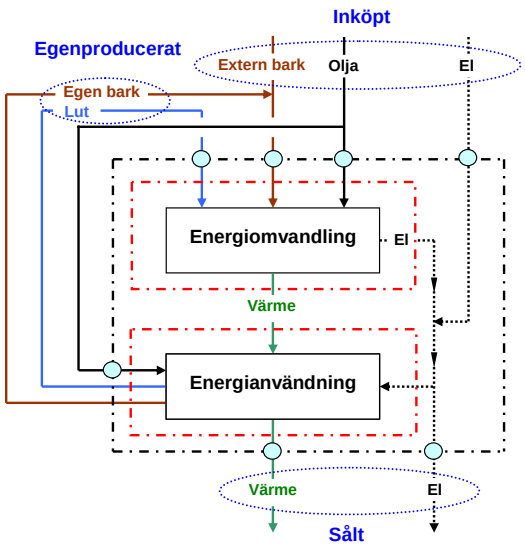
För PFE är det kartläggning av aktuell energianvändning/energiförsörjning för helår som ska ligga till grund för bedömningen av energibalansen på kort sikt. Utgångspunkt för helårets mätdata är ackumulerade värden under året baserad på månatlig uppföljning.

I redovisningen för PFE är det energibalanserna på kort sikt, med vilket avses balanserna vid tidpunkten för PFE-programmets slut, d.v.s. om ca 5 år, som ska ligga till grund för redovisningen.

I angivna energienheter har det lagts till ett index b för bränsle-, v för värme- och e för elenergi.

PFE definierar nettotillförsel (av energi) = inköpt + eget – sålt, se även ordlista i kapitel 9.3. För beräkningen av en hel anläggnings nettotillförsel används värden för energiflöden vid systemgränsen för anläggningen, med en gemensam energienhet t.ex. MWh. Dessa är markerade med ringar på den yttre systemgränsen i **Figur 2**. För anläggningens nettotillförsel görs ingen skillnad på olika energislag, såsom bränsle, el eller värme. En anläggnings användning av nettotillförd energi definierad på detta sätt, är detsamma som den sammanlagda användningen av energi för omvandlingsförlusterna (från bränslen till värme och från värme till el) och för distribution till förbrukarna (av ångvärme, el och direktanvänt bränsle till processerna).

I denna handbok (och som man vanligen gör inom skogsindustrin) redovisas energiförsörjning/omvandling och energianvändning var för sig samt att energislagen hålls åtskilda.



Figur 2. Principfigur för energitillförsel och energianvändning

Figure 2. Principles for energy supply and energy consumption

3.1 Strukturering av befintliga och kompletterande data för energibalanser

Energitillförsel i form av total elanvändning (inköp och egenproduktion tillsammans med eventuell försäljning) och produktion av ångvärme tillsammans med inköpta bränslen är normalt de mest tillförlitliga uppgifterna för energi i anläggningen. De utgör därför en bra utgångspunkt för energibalanserna.

Kompletterande data/mätningar för att förbättra kvaliteten i energibalanserna (d.v.s. minska oredovisade poster) för anläggningen såväl som för betydande avdelningar/del-processer, ska redovisas för årsmedelförhållanden. Detta kan kräva korrigeringar för årstid och produktionsnivå m.m. beroende på omständigheterna. Korrigering för produktionsnivå tas upp i avsnittet för beräkning av energibalanserna på kort sikt, avsnitt 3.5 respektive lång sikt, avsnitt 3.6.

Total värmetillförsel i en fabrik är summan av total produktion från pannorna plus återvunnet sekundärvärme och värme av elförbrukningen i mavapumpar som tillförts ång- och kondensatsystemet, vilket därmed motsvarar 100 %. Motsvarande för total elenergitillförsel, är summan av inköpt och egenproducerad elkraft.

Posten för oredovisat erhålls av differensen mellan uppmätta/redovisade förbrukningar och total tillförsel. Skulle differensen mellan total tillförsel och redovisad förbrukning visa sig vara stor för vardera energislagen värme och el, får man göra kompletteringar för att förbättra kvaliteten för energibalanserna; antigen genom att utöka mätningarna till att omfatta fler förbrukare eller att analysera hittillsvarande mätvärden för eventuella fel.

Normalt är värden på 5-7 % av total förbrukning acceptabla för oredovisat för såväl värme som el. Högre värden kan föranleda en närmare analys.

Parallellt med sammanställningen av energianvändningen och analysen av totalbalansen bör beräknad energianvändning på avdelnings/delprocessnivå kontrolleras genom analys av specifika energital för avdelningen/delprocesser, se avsnitt 3.3.

3.1.1 Kemmassabruket

3.1.1.1 Energitillförsel/omvandling

Med uppgifter som samlats in enligt indatalistan i **Bilaga 10.5** (siffervärden i bilagan gäller för en timme) beräknas först värmeproduktionen med hänsyn till uppmätt ång-produktion från pannorna och övriga relevanta driftdata. Nästa steg är att beräkna värmeförbrukningen för de olika ångförbrukarna. Exempel på hanteringen av insamlade data för beräkning av värmeproduktionen visas nedan. Energitillförsel och -omvandling illustreras grafiskt i **Bilaga 10.2**.

Värmeproduktion från sodapannan

Beräkning av värmeproduktion och fördelning på använda bränslen för sodapannan, utifrån avläst ångproduktion m.m. görs enligt **Tabell 7** och principen för beräkning av nyttig värmeproduktion från ångpanna enligt avsnitt 7.6. Som kontroll av ångproduktionen kan man jämföra med matarvattenflödet. I vissa fall kan matarvattenflödet ligga till grund för använt ångflöde i beräkning av värmeproduktionen.

Entalpier för matarvatten in och HT-ånga ut från pannan kan tas fram med ångtabell (se Åfs hemsida: www.afconsult.com/steamdat). För HT-ångan är entalpin 3 300 kJ/kg för trycket 61.3 bar(a) och 450 ºC. Matarvattnets entalpi före panna på 517 kJ/kg erhålls av temperaturen 122 ^{o}C och trycket 91 bar(e) efter mavapumpen. Det är en ökning med 13 kJ/kg över entalpin i mavatanken. Producerat värme i form av högtrycksånga fås av ångflödet och entalpiskillnaden före och efter pannan.

Sotånga tas från en av turbinens avtappningar. Entalpin på ingående ånga är något högre än entalpin för utgående ånga med rökgaserna, så viss energi tillförs panna med sotångan.

Lite värme har producerats med bottenblåst vatten. Ingen luftförvärmning med ånga förekommer.

Beräknad värmeproduktion stäms av med uppgifter om tillförda bränslen. För förbrukad oljemängd, när oljebränslet inte är det dominerande bränslet, kan verkningsgraden antas vara 90 %. Resterande värmeproduktion har kommit från luteldningen. Uppgifter om eldad mängd torrsubstans och effektivt värmevärde ger verkningsgraden 86 %, vilket är en rimlig verkningsgrad för luteldning med pannans driftdata, se avsnitt 4.1. Slutsatsen är att uppgifterna som används är rimliga och att den beräknade värmeproduktionen kan användas i värmebalansen utan korrigering.

Tabell 7. Beräkning av värmeproduktion i sodapannan

Värmeproduktion i sodapannan

	Värme	Flöde	Entalpier	
	W	q	h1	h2
	MWv	t/h	kJ/kg	kJ/kg
Värme med HT-ånga	465.9	602.5	3300	517
Värme med sotånga	-0.7	24.3	2833	2944
Värme med bottenblåst vatten	1.3	6.1	1294	517
Värme fr extern luftFV	0			
Nyttigt värme	466.5			

		Verkngrd	Bränslevärde
	MWv	-	MWb
Värme från olja	6.0	0.90	6.7
Värme från lut	460.4	0.86	534.8
Totalt	466.5		

Värmeproduktion från bark/oljepannan

Motsvarande kontroll av rimligheten i använda uppgifter för bark- och oljepannan redovisas i **Tabell 8**. Här är sotångan intern, vilket kräver en annan beräkning än för sodapannan där den kom utifrån, se avsnitt 7.6. Även här kan man utgå från en verkningsgrad på 90 % för använd mängd olja. För inköpt biobränsle är bränslemängd och därmed genomsnittlig bränsleeffekt känd. Resterande värmeproduktion har kommit från egen bark. Biobränslena är likvärdiga och bör ha samma verkningsgrad. Detta leder till en total bränslemängd för egen bark som motsvarar en genomsnittlig bränsleeffekt på 87 MWb. Detta kan stämmas av mot barktorrhalt och beräknad bränslemängd från bark, utgående från mätning av bränslevolymen eller uppgifter om förbrukad mängd ved med bark, barkandel på ved, barkningseffektivitet.

Med en energibalans för pannan för bränsledata, rökgastemperatur och O_2 i rökgaser kan rimligheten i använda verkningsgrader följas upp.

Tabell 8. Beräkning av värmeproduktion i bark/oljepanna

Värmeproduktion i Bark/Oljepanna

	Värme	Flöde	Entalpier	
	W	q	h1	h2
	MWv	t/h	kJ/kg	kJ/kg
Värme med HT-ånga	132.2	170.8	3302	516
Värme med sotånga	0.6	1.0	2804	516
Värme med bottenblåst vatten	0.3	1.7	1239	516
Värme fr extern luftFV	0			
Nyttigt värme	133.1			

		Verkngrd	Bränslevärde
	MWv	-	MWb
Värme från olja	41.2	0.90	45.8
Värme från köpt biobränsle	17.9	0.85	21.1
Värme från egen bark	74.0	0.85	87.0
Totalt	133.1		

Kemmassabrukets energiomvandling för värme- och elproduktion som årsmedelvärden kan sammanställas enligt **Tabell 9**. Från total värmeproduktion avgår värme för omvandling till el i fabrikens mottrycksturbiner. Resterande värme är total tillförsel till produktionsprocesserna.

Värmeförbrukningen i turbinerna fås av producerad elenergi dividerat med verkningsgraden för omvandlingen från värme till el. Verkningsgraden för kemmassabrukets turbiner är 96 %.

Tabell 9. Sammanställning av energiomvandlingen för värme- och elenergiproduktion

Energiomvandling: värme- och elproduktion	Värme		El	
Värmeproduktion	MWv		MWe	
Från lut	460.4			
Från egen bark	74.0			
Från köpt biobränsle	17.9			
Från olja i SP	6.0			
Från olja i BP	41.3			
Från gasdestruktion	6.5			
Från återvunnet sekundärvärme	11.3			
Från elanvändning i mavapumpar	2.8			
Total värmeproduktion	620.2	100%		
Elproduktion				
Turbin 1	-43.4	-7%	41.9	34%
Turbin 2	-22.9	-4%	22.0	18%
Elinköp			58.5	48%
Värme till processer resp. total eltillförsel	553.8	89%	122.3	100%

Energitillförsel i energimängd och kommersiella mängder kan sammanställas enligt **Tabell 10**.

Tabell 10. Sammanställning av energitillförsel i energi- och kommersiella mängder

Energitillförsel, externt och internt	Bränsle MWb	El MWe	Kommersiell mängd	
Olja, för ångproduktion i BP	45.8		36 696	m3olja/år
Olja, för ångproduktion i SP	6.7		5 319	m3olja/år
Olja, för direktanvändning i mesaugn	60.6		48 010	m3olja/år
Gasol, för direktanvändning i pappersbruket	0.0		0	t/år
Köpt biobränsle	21.1		179 875	MWhb/år
Internt bränsle, Lut	534.8			
Internt bränsle, Bark	87.0			
Internt bränsle, Destruerad gas	7.6			
Köpt el		58.5	498 652	MWhe/år

I grafisk form är uppgifter om energitillförsel och omvandling (genomsnittliga effektflöden för olika energislag) redovisade i **Bilaga 10.2** ”Kemmassabrukets tillförsel, omvandling och distribution av energi”.

3.1.1.2 Energianvändningen

Från indatalistan enligt **Bilaga 10.5 (**siffervärden i bilagan gäller för en timme) beräknas värmeförbrukningarna med hänsyn till uppmätta ångflöden och hur kondensatflöden returneras enligt riktlinjerna i kapitel 7.

Nedan ges några exempel på beräkning av värmeförbrukningen för ånganvändare i kemmassabruket. Energiförbrukarna illustreras grafiskt i **Bilaga 10.3**.

Värmeförbrukningen för förbrukare med kondensatförluster beräknas enligt modellen för spädvattnet som kallt vatten, d.v.s. med entalpin för vattnet före eventuell förvärmning av spädvattnet med t.ex. sekundärvärme. Se kapitel 7.1.

Entalpier för respektive ångnät tas fram med ångtabell (se Åfs hemsida: www.afconsult.com/steamdat); för LT-nätet är entalpin 2 770 kJ/kg för trycket 4.5 bar(a) och 160 ºC. För vattenflöden kan entalpin eventuellt beräknas med konstant värde för vattnets specifika värme (4.19 kJ/kgºC) multiplicerat med temperaturen i ºC. I denna handbok är entalpin hämtad från ångtabell.

För avdelningen vedhantering blir värmeförbrukningen 5.3 MW (= 7.0 t/h ∗ (2 770 – 42) / 1000 / 3.6) med årsmedeltemperaturen 10 ºC (h = 42 kJ/kg) på spädvattnet som ersätter kondensatförlusterna. Den beräknade värmeförbrukning på 5.3 MW återfinns för avdelningen ”Vedhantering” i **Tabell 11** .

För det kontinuerliga kokeriet i barrlinjen blir värmeförbrukningen 62.2 MW
(= [47.3 ∗ (2 865 – 525) + (63.0 – 47.3) ∗ (2 865 – 188) + 25.2 ∗ (2 770 – 42)] / 3.6 / 1000).

Sotånga för barkpannan tas från panna internt, 1.0 t/h. Rökgastemperaturen på 160 ºC bestämmer entalpin på ångan som blir 2 804 kJ/kg. Detta ger en värmeförbrukning på 0.77 MW (= 1.0 ∗ (2 804 – 42) / 3.6 / 1000). Bottenblåsningen i barkpannan är så liten att värmeförbrukningen är praktiskt taget är noll, 0.07 MW. Total värmeförbrukning för barkpannan blir 0.8 MW.

För sodapannan är bottenblåsningen något högre. Domtrycket, 75.3 bar(a), ger entalpin på det heta vattnet, 1 294 kJ/kg. Vattnet flashas mot mavatanken, som har trycket 1 bar(e) eller temperaturen 120 ºC. Flashandelen blir 0.35 (= (1294 – 504) / (2706 – 504)). Efter bottenblåsningskylaren går återstående vatten ut ur systemet vid 60 ºC (251 kJ/kg). Värmeförbrukningen blir då 0.1 MW (= 6.1 ∗ (1 – 0.35) ∗ (251 – 42) / 3.6 / 1000). Är bottenblåsningsflödet normalt kan man egentligen bortse från värme-förbrukningen.

Beräkning av värmeförbrukning för övriga ångförbrukare görs på liknade sätt enligt anvisningarna i kapitel 7.

3.1.1.3 Redovisning av energianvändningen

Resultatet av kartläggningen av energianvändningen för kemmassabruket för helåret kan redovisas enligt **Tabell 11**, som visar absolut förbrukning av värme och el samt distributionen i procent av total tillförsel av vardera energislaget.

Enligt kartläggningen av energitillförseln för kemmassabruket var total värmetillförsel 620.2 MWv och total eltillförsel 122.3 MWe enligt avsnitt 3.1.1.1, som vardera åsätts 100 %.

Vid jämförelse mellan summerad redovisad energiförbrukning och total tillförsel blir restposten för värme 4 % och för el 2 %.

Tabell 11. Resultat av energikartläggning, nuläge

Energianvändning, årsmedel				
Drifttid, h	8520			
	Värme		El	
Avdelningar/delprocesser	MWv	%	MWe	%
Vedhantering	5.3	1	4.7	4
Barrmassalinje:				
Kokeri	62.2	10	3.5	3
Syrgasblekning	5.9	1	1.7	1
Tvätt/Sileri	0.0	0	8.7	7
Blekning	17.3	3	4.7	4
Lövmassalinje:				
Kokeri	31.2	5	0.7	1
Syrgasblekning	3.1	0	0.6	1
Tvätt/Sileri	0.0	0	3.0	2
Blekning	5.8	1	2.0	2
Återvinning, gemensamt övrigt				
Indunstning inkl stripper	153.7	25	3.3	3
Kausticering, mesaugn	0.0	0	4.7	4
Sodapanna	24.1	4	7.8	6
Bark/Oljepanna	0.8	0	2.5	2
ÅC övrigt	3.4	1	0.0	0
Blekkemikalieberedning	10.6	2	0.7	1
Värmeöverskott	6.3	1	0.0	0
Massatorkning	34.9	6	5.3	4
Service, hjälpavdelningar				
Råvatten/Avlopp	0.0	0	8.2	7
Verkstad, belysning, kompressorer mm	0.0	0	1.0	1
Ställverkskylare mm	1.9	0	0.0	0
Ext .leverans, fjärrvärme	2.6	0	0.0	0
Pappertillverkning:				
PM1, Finpapper inkl kemberedning	72.9	12	22.2	18
PM2, Kartong	86.3	14	35.0	29
Oredovisat	25.6	4	2.0	2
Totalt för tillverkningsprocesser	553.8	89	122.3	100
Värme för elproduktion				
Mottrycksturbin 1	43.4	7		
Mottrycksturbin 2	22.9	4		
Totalt för anläggningen	620.2	100	122.3	100

I grafisk form är uppgifter om energianvändningen redovisade i **Bilaga 10.3** ”Kemmassabrukets energianvändning”.

3.1.2 Mekmassabruket

3.1.2.1 Energitillförsel/omvandling

I mekmassabrukets gemensamma bark- och oljepannan sker förbränning av egen och inköpt bark, med rester från returpappershanteringen samt olja. Energitillförsel och –omvandling illustreras grafiskt i **Bilaga 10.7**

Med uppmätta massflöden och driftdata enligt indatalista i **Bilaga 10.9 (**siffervärden i bilagan gäller för en timme) beräknas värmeproduktionen enligt **Tabell 12**. Svårigheten kan vara att avstämma beräknad värmeproduktion mot använda bränslemängder, eftersom använd mängd egen bark och rester från returpappershanteringen är osäkra.

Tabell 12. Beräkning av värmeproduktion i bark/oljepanna

Värmeproduktion i Bark/Oljepanna

	Värme	Flöde	Entalpier	
	W	q	h1	h2
	MWv	t/h	kJ/kg	kJ/kg
Värme med HT-ånga	38.8	50.2	3302	515
Värme med sotånga	0.6	1.0	2804	515
Värme med bottenblåst vatten	0.1	0.5	1221	515
Värme fr extern luftFV	0			
Nyttigt värme	39.6			

		Verkngrd	Bränslevärde
	MWv	-	MWb
Värme från olja	10.9	0.90	12.1
Värme från köpt biobränsle	10.0	0.85	11.8
Värme från egen bark	7.9	0.85	9.3
Värme från DIP rester	10.7	0.80	13.4
Totalt	39.6		

Mekmassabrukets energiomvandling för värme- och elproduktion som årsmedelvärden kan sammanställas enligt **Tabell 13**.

Omvandlingen av tillförd el till värme i elångpannan anses ske med verkningsgraden 100 %.

Ångvärmeproduktionen i ångomformare för värmeåtervinningen i TMP raffinörerna beräknas med hjälp av uppmätt ångflöde eller tillfört matarvatten.

Från total värmeproduktion avgår värme för omvandling till el i fabrikens mottrycksturbiner. Resterande värme är total tillförsel till produktionsprocesserna.

Värmeförbrukningen i turbinerna fås av producerad elenergi dividerat med verkningsgraden för omvandlingen från värme till el. Verkningsgraden för mekmassabrukets turbin är 94 %.

Tillfört värme till ång- och kondensatsystemet från återvunnet sekundärvärme genom förvärmning av spädvattenflödet blir lågt på grund av små kondensatförluster. Med relativt liten panna och moderat ångtryck blir också värmetillskottet med mavapumpen lågt. I princip kan det senare försummas.

Tabell 13. Sammanställning av energiomvandlingen för värme- och elenergiproduktion

Energiomvandling: värme- och elproduktion	Värme		El	
Värmeproduktion	MWv		MWe	
Från DIP rester	10,7			
Från egen bark	7,9			
Från köpt biobränsle	10,0			
Från olja i OP	0,0			
Från olja i BP	10,9			
Från elångpanna	1,5		-1,5	-1%
Från TMP värmeåtervinning	38,6			
Från återvunnet sekundärvärme	1,2			
Från elanvändning i mavapumpar	0,2			
Total värmeproduktion	81,0	100%		
Elproduktion				
Mottrycksturbin	-6,6	-8%	6,2	5%
Elinköp inkl. elpanna			115,7	96%
Värme och el till processer	74,4	92%	120,3	100%

Energitillförsel i energi- och kommersiella mängder kan sammanställas enligt **Tabell** 14**.**

Tabell 14. Sammanställning av energitillförsel i energi- och kommersiella mängder

Energitillförsel, externt och internt	Bränsle MWb	El MWe	Kommersiell mängd	
Olja, för ångproduktion i BP	12,1		9 706	m3olja/år
Olja, för ångproduktion i OP	0,0		0	m3olja/år
Gasol, för direktanvändning i pappersbruket	0,0		0	t/år
Köpt biobränsle	11,8		100 536	MWhb/år
Internt bränsle, DIP rester	13,4			
Internt bränsle, Bark	9,3			
Köpt el inkl. elpanna		115,7	985 680	MWhe/år

I grafisk form är uppgifter om energitillförsel och omvandling (genomsnittliga effektflöden för olika energislag) redovisade i **Bilaga 10.7** ”Mekmassabrukets tillförsel, omvandling och distribution av energi”.

3.1.2.2 Energianvändning

För mekmassabruket beräknas energianvändningen på samma sätt som visats för kemmassabruket i avsnitt 3.1.1.2.

3.1.2.3 Redovisning av energianvändningen

Aktuell energianvändning för mekmassabruket visas i **Tabell 15.**

Tabell 15. Resultat av energikartläggning, nuläge

Energianvändning, årsmedel				
Drifttid, h	8520			
	Värme		El	
Avdelningar/delprocesser	MWv	%	MWe	%
Vedhantering	1.5	2	0.8	1
Raffinörlinje, exkl raffinörer	0.2	0	10.4	9
Primärraffinörer	0.0	0	49.4	41
Rejektraffinörer	0.0	0	13.0	11
Blekeri	0.0	0	1.3	1
DIP	7.7	10	9.6	8
Gemnesamt övrigt				
Oljepanna	0.0	0	0.0	0
Bark/Oljepanna	0.8	1	0.8	1
ÅC övrigt	0.0	0	0.0	0
Service, hjälpavdelningar				
Råvatten/Avlopp	0.0	0	3.2	3
Verkstad, kompressorer, belysning mm	0.0	0	1.0	1
Lokalvärme	1.0	1	0.0	0
Ext .leverans, fjärrvärme	0.0	0	0.0	0
Pappertillverkning:				
PM1, Tidningspapper	21.2	26	10.6	9
PM2, Tidningspapper	37.7	47	19.4	16
Oredovisat	4.3	5	1.0	1
Totalt för tillverkningsprocesser	74.4	92	120.3	100
Värme för elproduktion				
Mottrycksturbin	6.6	8		
Totalt för anläggningen	81.0	100	120.3	100

I grafisk form är uppgifterna om energianvändandet redovisade i **Bilaga 10.8** ”Mekmassabrukets energianvändning”.

3.2 Redovisning av betydande variationer i energianvändning

3.2.1 Redovisning med min- och maxvärden

Ett förslag till redovisning av väsentliga variationer både i användning och produktion av energi, är att till årsmedelsiffran också ange max- och minvärden under året för olika tidsperioder t.ex. månads-, dygns- och entimmesvärde. Värden är normalt inte är intressanta när fabriken som helhet står, varför minvärdena bör gälla vid produktion.

Variationerna kan visas för de parametrar som man anser viktiga för anläggningen totalt, såväl som ge exempel på värden för processavdelning som svarar för en större del av variationerna.

För att förenkla redovisningen av variationerna i värmebehov/produktion kan man använda samma kvot (värme/mätvärde t.ex. ångflöde) för de olika tidsmedelvärdena som för årsmedelvärdet.

Exempel:
*För barkpannan i kemmassabruket erhölls 133.1 MWv för mätvärdet 170.8 t/h ångproduktion i årsmedelbalansen. För ett maxvärde på månadsmedelvärdet på 225 t/h redovisas då 225 / 170.8 * 133.1 = 175.3 MWv.*

Exempel på redovisning av variationernas roll i energibalanserna skulle kunna visas enligt **Tabell 16**, som gäller för kemmassabruket.

Tabell 16. Redovisning av max- och minvärden

Variabel	**Enhet**	**Års-medel**	**Månad**		**Dygn**		**En timme**	
			Max	Min	Max	Min	Max	Min
Total värmeproduktion	MWv	620	640	500	670	150	725	0
Total elförbrukning	MWe	122	130	100	140	90	150	15

Redovisningen kan göras för absolutvärden, som ovan, såväl som för specifika värden per ton produkt. Det senare kan dock bara göras för enproduktsfabriker eller för utvalda avdelningar i en sammansatt fabrik som i kemmassabruket. Det specifika värdet för entimmesperiod kan spegla åtgång utan störningar. Ju längre tidsperiod desto mer blir inverkan av olika typer av störningar och desto högre blir de specifika energi-förbrukningarna.

3.2.2 Redovisning med energibalanser

Ett alternativ till att redovisa enligt ovan, är att göra separata energibalanser för olika driftfall. Enligt kraven är sådan grundlig kartläggning inte nödvändig, men kan vara ett hjälpmedel för identifiering och uppföljning av möjliga energibesparingsåtgärder.

Begreppet ”väsentliga variationer i energianvändningen” kan vara förändrad förbrukning på grund av t.ex. årstid, kampanjkörningar barr/löv, extern leverans av el eller fjärrvärme samt massa- och papperskvalité. Därför kan separata energibalanser för en delprocess eller avdelning genomföras, där variationer i energiförbrukningen mellan olika driftfall är känd. Nedan finns exempel på tänkbara driftfall.

Exempel 1
Kemmassabruket producerar oblekt och blekt massa i barrlinjen. Beroende av hur mycket papper av oblekt massa som ska produceras, tas en varierande delström massa ut ur linjen innan blekeriet. Elförbrukning och värden för beräkning av värmeför-brukning tas fram för ett lämpligt antal driftfall. Data tas från fabrikens informationssystem under en 5-dagarsperiod och saknade uppgifter uppskattas och beräknas indirekt. Värden tas från en period då förutsättningarna för övrigt överensstämmer, d.v.s. utan andra störningar. Detta beräknas och sammanställs i separata energibalanser. Resultatet sammanfattas som i ***Tabell 17****. En liten text beskriver förutsättningarna.*

Tabell 17. Energiförbrukning barrlinje fr.o.m. renseri t.o.m. färdig massa

Andel blekt/oblekt	**El**		**Värme**			
	MWe	kWhe/ADt	MWv	GJ/ADt	MWhv/ADt	Andel per månad
55/45	47.07	523	308	12.3	3.42	25 %
75/25	49.68	552	350	14.0	3.88	48 %
100/0	52.92	588	395	15.8	4.38	27 %

Exempel 2

I TMP-linjen tillverkas tre olika massakvalitéer. Vid produktion av de olika kvalitéerna har det konstaterats att effektuttaget för raffinörerna varierar cirka +/- 10 % och att värmebehovet från ångpannan också ändras. Den högre belastning för raffinörerna medför att mer värme från processen tillförs ångsystemet som därmed avlastar pannan. Elförbrukning och värden för fabriksbalansen för de tre olika driftfallen kan tas fram från fabrikens informationssystem. Emellertid kan det vara svårt att få relevanta data på grund av inverkan av andra faktorer, varför variationer troligen bäst kan beskrivas genom beräkning. Informationen om variationerna sammanställs som i ***Tabell 18****. En beskrivning om förutsättningarna redogörs i en kortfattad text med följande information:*

- *Sammanfattande produktionsbeskrivning*
- *Att olja är den enda ersättningsmöjligheten vid belastningsvariationerna*

Tabell 18. Effektändring (per raffinör) vid olika TMP-kvalitéer och indirekt ändring av fabrikens bränsleförbrukning

Belastning	Effekt	Elför-brukning	Avgiven spec. värme	Differens spec. värme	Olja	Produktions fördelning
	MWe	kWhe/ADt	kWhv/ADt	kWhv/ADt	m^3/dygn	Antal veckor per år
Låg	18	2 250	1 400	-225	4.55	5 veckor
Normal	20	2 500	1 625	0		35 veckor
Hög	22	2 750	1 850	225	-4.55	12 veckor

Observera att förändrad TMP-ångproduktion påverkar värmeunderlaget för eventuell mottryckskraft, varvid man också kan få ändringar p.g.a. detta. Det har dock inte beaktats i exemplet.

3.3 Beräkning av specifika tal energianvändning / energiproduktion

Ur redovisad energiförbrukning/produktion för avdelningar/delprocesser grundad på mätningarna kan specifika tal beräknas per ton produkt eller per kännetecknande parameter för avdelningen/delprocessen. Det senare behövs när avdelningen/del-processen är gemensam för flera produkter. Fördelningen görs då med nyckeltal för produkterna, d.v.s. produkternas specifika tal med avseende på parametern för avdelningen och produktionen för produkterna.

Det finns inga direkta krav från PFE på att redovisa specifika tal eller nyckeltal som sådana. Däremot är talen ett mycket bra verktyg vid analys av energianvändning/produktion i jämförelse med likartad tillverkning.

Kemmassabruket

Exempel på nyckeltal för olika produkter i gemensamma avdelningar som vedhantering, indunstning, mesaugn och sodapanna m.fl. för kemmassabruket framgår av **Bilaga 10.4**

I **Tabell 19** visas fördelning av energiförbrukning på produkter för indunstningen (inkl. stripper) i kemmassabruket med hjälp av nyckeltal för respektive produkts indunstningsbehov. Före fördelningen på olika produkter beräknas specifik energiförbrukning ut för indunstningsanläggningen. Förutom indunstning inkluderas också energiförbrukning för den integrerade strippningen av förorenat kondensat, för vilket här antas åtgå 5 % av värmeförbrukningen. Värmebehovet för själva indunstningen blir då 0.48 GJv/t_{avd}, vilket är obetydligt över normal åtgång för indunstning med 6-effektsekonomi, 0.46 GJv/t_{avd}, som anläggningen antas vara konstruerad för.

Tabell 19. Exempel på fördelning av energiförbrukning på produkter beträffande indunstning (inkl stripper)

Total avdunstning, medel	tavd/h	1087
Absolut värmeförbrukning (medelvärde från karteringen)	MWv	153.7
Absolut elförbrukning (medelvärde från karteringen)	MWe	3.3
Specifik energiförbrukning för avdunstning (inkl stripper):		
Värmeförbrukning, avdunstning	MWhv/tavd	0.141
Do	GJ/tavd	0.51
Elförbrukning, avdunstning	kWhe/tavd	3.0
Nyckeltal, produkternas avdunstningsbehov:		
Barrmassa, obl	tavd/ADt	9.44
Barrmassa, bl	tavd/ADt	10.34
Lövmasssa, bl	tavd/ADt	8.66
Specifik energiförbrukning för produkter:		
Barrmassa, obl, värme	MWhv/ADt	1.3
Do	GJv/ADt	4.8
Barrmassa, obl, el	MWhe/ADt	28
Barrmassa, bl, värme	MWhv/ADt	1.5
Do	GJv/ADt	5.3
Barrmassa, bl, el	MWhe/ADt	31
Lövmassa, bl, värme	MWhv/ADt	1.2
Do	GJv/ADt	4.4
Lövmassa, bl, el	MWhe/ADt	26

För riktvärden på energiförbrukningstal vid massa- och papperstillverkning hänvisas till avsnitt 4.1 och 4.2.

Specifika tal kan beräknas för avdelningar/delprocesser ur redovisad energiförbrukning/energiproduktion grundad på mätningar och produktionssiffror. För kemmassabruket visas detta i **Tabell 20**. För gemensamma avdelningar framgår beräkningsgången av **Bilaga 10.10**.

Tabell 20. Beräknade specifik energiförbrukning och specifik värmeproduktion för produkterna i kemmassabruket

	Specifik värmeförbrukning GJ/ADt			Specifik värmeförbrukning MWh/ADt			Specifik elförbrukning kWh/ADt		
	Obl barr	Bl barr	Bl löv	Obl barr	Bl barr	Bl löv	Obl barr	Bl barr	Bl löv
Vedhantering	0.2	0.2	0.2	0.04	0.05	0.06	38	41	51
Kokeri	2.5	2.7	4.3	0.69	0.74	1.19	39	42	28
Sileri/tvätt	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	97	104	113
Syrgasblekning		0.4	0.4	0.00	0.12	0.12		35	24
Blekning		1.2	0.8	0.00	0.35	0.22		95	77
Blekkemikalieberedning		0.5	0.5	0.00	0.14	0.13		10	9
Indunstning	4.8	5.3	4.4	1.33	1.46	1.22	28	31	26
Kausticering, mesaugn	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	40	45	37
Sodap/Barkp/ÅC	0.8	0.9	0.9	0.23	0.25	0.24	82	91	104
Råvatten/Avlopp							70	76	70
Övrigt	0.2	0.3	0.2	0.07	0.07	0.07	3	2	4
Värmeöverskott	0.2	0.2	0.2	0.05	0.06	0.05			
Oredovisat	0.8	0.9	0.8	0.22	0.24	0.22	55	40	76
Totalt pumpmassa	9.5	12.5	12.7	2.64	3.48	3.52	451	611	619
Masatorkning, inkl sileri		3.8	3.8		1.06	1.06		160	160
Totalt torkad massa		16.4	16.5		4.54	4.58		771	779

	GJ/tp	MWh/tp	kWh/tp
Finpapper	6.4	1.77	540
Kartong	6.6	1.84	746

	Specifik värmeproduktion GJ/ADt			Specifik värmeproduktion MWh/ADt		
Från lut	14.7	15.9	12.5	4.10	4.41	3.48
Från bark	1.6	1.8	4.5	0.46	0.49	1.25

Mekmassabruket

Tidningspappersbruket är inte lika komplicerat som kemmassabruket därför att tillverkningen innehåller färre avdelningar/delprocesser, åtminstone vad det gäller värmeförbrukning. De olika produktionslinjerna har inte heller mycket gemensamt och kan därför ganska lätt särskiljas.

Vid papperstillverkning blir inte allt torkat papper godkänt för leverans varvid viss mängd av torkat papper s.k. utskott slås upp för att formas och torkas på nytt. Vid energimässig analys av förhållandena vid pappersmaskintorkning är det intressant att studera de specifika talen för bruttoproduktionen (nettoproduktion + utskott).

I PM2 i mekmassabruket var utskottsproduktionen 15 % av nettoproduktionen godkänt papper. Beräknad specifik energiförbrukning för PM2 för netto- och bruttoproduktionen visas i **Tabell 21**.

Med kännedom om normal torrhalt på pappersbanan när den går in i torken kan specifik värmeförbrukning för bruttoproduktion analyseras med avseende på värmeförbrukningen för vattenavdunstningen. Med torkning från torrhalten 43 % in till och 91 % ut ur torken blir specifik vattenavdunstning 1.116 t_{avd}/tp (= (91 – 43) / 43). Värmeförbrukningen för vattenavdunstningen blir då 3.35 / 1.116 = 3.00 GJ/ t_{avd} , vilket är en bra siffra i jämförelse med referensvärden, se avsnitt 4.1.

Tabell 21. Specifik energiförbrukning för netto- och bruttoproduktion (inkl. omtorkning av utskott) i mekmassabrukets PM2

	Absolut förbrukning	Nettoproduktion		Bruttoproduktion	
		35.2 tp/h		40.5 tp/h	
		Specifik energiförbrukning		Specifik energiförbrukning	
	MW	MWh/tp	GJ/tp	MWh/tp	GJ/tp
Värmeförbrukning	37.7	1.07	3.85	0.93	3.35
Elförbrukning	19.4	0.550	-	0.479	-

Vid TMP-tillverkning förekommer en större energiomvandling från el till värme. Stor del av elinsatsen i raffinörerna vid den mekaniska bearbetning av veden till massa återvinns i form av värme; i storleksordning 65-75%. Värmet håller så hög kvalitet att det kan återvinnas för fabrikens normala ångsystem för lågtrycksånga. Vid analys av värmeförbrukningarna i bruket görs ingen skillnad på om värmet kommer från återvinningen eller ej. Däremot kan det vara befogat att ta hänsyn till det vid redovisning av total energiförbrukning för tidningspapperstillverkningen totalt, ty annars ingår återvunnet värme två gånger; dels som el och dels som värme, se **Tabell** 22.

Tabell 22. Nettotillförd energi (årssnitt) med hänsyn till värmeåtervinning vid TMP i mekmassabruket

	Värme			El	
Totalt värme	74.4	MWv	100 %		
varav TMP-värme	-38.6	MWv	52%		
Nettoenergiförbrukning	35.8	MWv	48 %	120.3	MWe
Do, spec. energiförbrukning	2.44	GJ/tp		2 279	kWh/tp
Do	0.68	MWh/tp			

3.4 Separat redovisning av avdelning/process med betydande energianvändning

För utrustning (avdelning/process) som använder en betydande andel av ett energislag (bränsle, värme eller el) skall redovisningen innefatta separata energibalanser. Med betydande menas utrustning som representerar mer än 5 % (som riktmärke) av användningen av det aktuella energislaget. Vad som avses med energibalanser är att närmare redovisa vad den betydande energianvändningen används till, d.v.s. snarare en analys av användningen, för att kontrollera att den är rimlig för ändamålet (och den aktuella utrustningen).

Befintlig information ligger till grund för redovisningen. Inga speciella mätningar krävs på detta stadium för PFE. Vid behov för att ta fram säkrare underlag för närmare bedömning, kan däremot mätningar behöva genomföras.

För analysen av en betydande energianvändare, som egentligen urskiljs på grund av dess absoluta förbrukning, kan det ändå vara lämpligt att göra analysen med hjälp av det specifika värdet, t.ex. för en massaavdelning i MWh/ADt (GJ/ADt). När det gäller en avdelning som är gemensam för flera produkter är det lämpligare att göra analysen med avseende på den kännetecknade parametern för avdelningen enligt tidigare avsnitt 2.7.

En betydande energianvändning kan också visa sig vara helt normal, beroende på funktion och under de förhållanden som energin används.

I avsnittet 3.3 för kemmassabruket beskrivs hur analys av värmeförbrukningen i indunstningsanläggningen kan göras genom beräkning av specifika tal. I samma avsnitt, men för mekmassabruket, visas hur analys av värmeförbrukning vid pappersmaskin kan göras.

Nedan ges ett exempel på hur analysen kan göras för kemmassabrukets kokeri i barrmassalinjen, som är en betydande energianvändare enligt PFE därför att värmeförbrukningen är 10 % av anläggningens totala värmetillförsel.

Exempel
Det kontinuerliga kokeriet i barrmassalinjen är en betydande värmeförbrukare (10 % av total värmeproduktion). Uttryck som specifik värmeförbrukningen motsvarar värmeförbrukningen 2.5 GJ/ADt oblekt massa eller 2.5 / 0.93 = 2.7 GJ/ADt blekt massa. Där 0.93 är utbytet över syrgassteg och blekeri.

Analys 1. Är att jämföra mot tidigare års värde och/eller mot ett referensvärde BAT/KAM etc. enligt ***Bilaga 10.23.2****. Värdet visar sig då vara något högt, vilket kräver att man bör gå ett steg till.*

Analys 2. Kokeriets värmeförbrukning motsvarar den sammanlagda värmeförbrukningen beroende av:

- *direktanvändning av LT-ånga till förvärmning och basning av inkommande flis, vilket kan beräknas till 1.0 GJ/ADt*
- *användning av MT-ånga i kalorisatorer för uppvärmning av koklut, 0.9 GJ/ADt*
- *användning av MT-ånga i kalorisatorer för uppvärmning av tvättlut, 0.6 GJ/ADt*

Det höga värdet av LT-ånga kan förklaras av extrem kall vinter med mycket frusen flis. Normalt skulle värdet ha legat kring ca 0.7 GJ/ADt, d.v.s. en total värmeförbrukning på ca 2.2 GJ/ADt, vilket ligger inom ramen för normal värmeförbrukning.

3.5 Beräkning av energitillförsel för balanser på kort sikt

Syftet med en analys av hur energianvändningen i företaget planeras eller förväntas förändras på kort sikt är att ge en plattform för den fortsatta analysen.

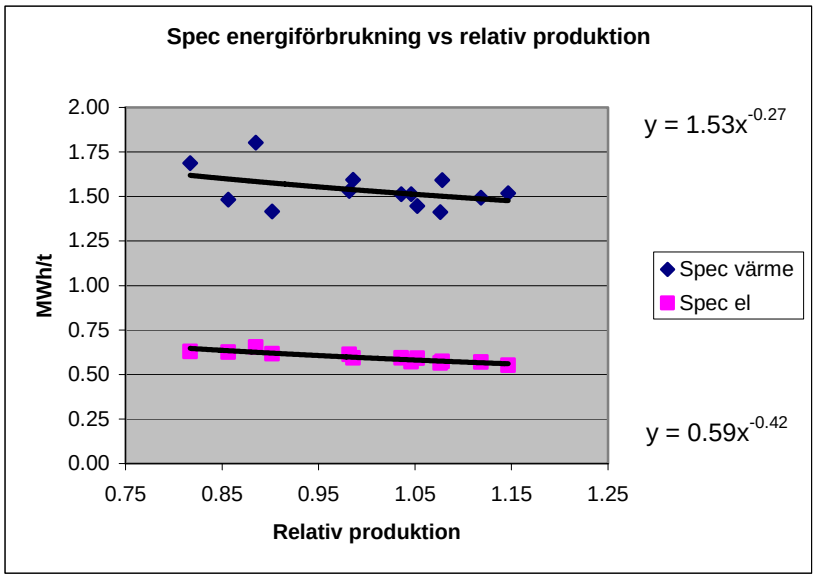
Att energianvändningen ska bedömas på kort sikt innebär att hänsyn ska tas till redan planerade och förväntade förändringar i anläggningen och att en ”basnivå” etableras för energianvändningen under den period som åtgärderna avser. Inom PFE räknas kort sikt som den period som företaget deltar i programmet, d.v.s. fem år. Energianvändningen, som den förväntas se ut på kort sikt, bör beskrivas på samma sätt som gjordes vid aktuell energianvändning.

Anpassning av energianvändningen sker för framförallt av följande skäl:

- Anpassning för ”onormala” produktionsförhållanden under det år som kartläggningen av aktuell energianvändning avser, om dessa bedöms väsentligt påverka anläggningens energianvändning.
- Anpassning för förväntade förändringar i produktionsförhållanden. Endast sådana förändringar som med stor säkerhet förväntas är relevanta att inkludera. Förändrade produktionsförhållanden kan till exempel vara:
    - Produktionsförändringar som innebär väsentligt utökad/minskad produktion eller ändrad produktionssammansättning
    - Förändringar/investeringar i utrustningar och system knutna till tillverkningsprocess eller energiomvandling
    - Förändringar i anläggningens omgivning som med stor säkerhet påverkar energianvändningen inom anläggningen

För framtida energibalanser blir arbetsgången något annorlunda. Nu måste energianvändningen tas fram först, för att därefter beräkna behovet av energitillförsel.

För ändrad produktion ska det i första hand användas ”verkliga” förändringar för energiförbrukningarna för både värme och el. Från egen statistik kan man ta fram sådana samband. I **Figur 3** visas exempel på plottning av månadsmedelvärden av specifik energi för värme och el samt produktion för en pappersmaskin. Av trendlinjen kan man få fram ekvationen i Excel. I exemplet har det valts ekvationer i form av potenssamband både för värme och för el. För värme bör man undvika värden med större inslag av årstidsvariationer.



Figur 3. Exempel på plottning av spec. värme- och elförbrukning mot relativ produktion, trendlinje och dess ekvation

Figure 3. Example of plotting of spec. heat and power consumption, trend line and its equation

ÅF:s erfarenhet är att man normalt får en potensfunktion för elsambandet med potensen -0.4 till -0.2. För specifik värmeförbrukning kan linjen också vara horisontell, d.v.s. den påverkas inte av produktionsändringar. Beräkningen gäller med oförändrad utrustning. Därtill skall energiförbrukningen dras ifrån för bortfallande utrustning och läggas till för tillkommande utrustning.

För de fall man inte har information om sambanden används följande schabloner för omräkning av energiförbrukning vid ändrad produktion:

- För värmeförbrukning ändras absolut förbrukning i direkt proportion till produktionsändringen, eventuellt med viss basförbrukning (= a + b * prod.).

- För elförbrukning används en potensfunktion enligt följande:

  El absolut tal $_2$ = El absolut tal $_1$ * $(Prod_2 / Prod_1)^{0.7}$

  vilket med specifika tal blir:

  El specifikt tal $_2$ = El specifikt tal $_1$ * $(Prod_2 / Prod_1)^{-0.3}$

3.5.1 Kemmassabruket

3.5.1.1 Energianvändning efter planerade förändringar på kort sikt

För kemmassabruket är förutsättningarna för planerade ändringar på kort sikt, att kartongproduktionen ska ökas med 20 %, vilket möjliggörs genom installation av skopress, som ökar torrhalten in till torkpartiet från 36 till 38 %. Den ökade massaåtgången för kartongtillverkningen medför att massatorken blir mindre belastad.

Produktionsdata på kort sikt visas i **Bilaga 10.11** och kommer att ligga som underlag i redovisningen för PFE.

Energiförhållandena för massatorken ändras enligt följande:

- Specifik värmeförbrukning är oförändrat 3.8 GJ/ADt, vilket motsvarar 24.4 MWv.

- Elförbrukningen ändras till $5.3 * (522 / 789)^{0.7} = 4.1$ MWe,
  eller för specifik elförbrukning till: $160 * (522 / 789)^{-0.3} = 178$ kWh/ADt

- För kartongmaskinen betyder den ändrade torrhalten att specifik vattenavdunstning minskar från 1.583 till 1.447 t_{avd} per ton torkat papper. Omtorkning på 26.8 % av nettoproduktionen och specifik värmeförbrukning på 3.3 GJ/ton avdunstat vatten vid torkningen är oförändrad, vilket gör att ny specifik värmeförbrukning blir:

  1.447 * 3.3 * 1.268 = 6.1 GJ per ton levererad kartong,
  vilket motsvarar en värmeförbrukning på 94.7 MWv.

- Specifik elförbrukning ändras, med tillägg av ca 1 900 kW eller ca 30 kWh/ton för ny skopress, enligt följande:

  Förändring av elförbrukning: $746 * (1.2)^{-0.3} = 706$ kWh per ton levererad kartong

  Elförbrukning inkl. ny skopress: 706 + 30 = 736 kWh per ton levererad kartong, vilket motsvarar en elförbrukning på 41.6 MWe.

Med ovanstående ändringar på kort sikt ändras energianvändningen för värme och el enligt **Tabell 23**. För oförändrade avdelningar används samma energianvändning som i aktuell energibalans. Det gäller även oredovisat.

Tabell 23. Energianvändning på kort sikt

Energianvändning, årsmedel				
Drifttid, h	8520			
	Värme		El	
Avdelningar/delprocesser	MWv	%	MWe	%
Vedhantering	5.3	1	4.7	4
Barrmassalinje:				
Kokeri	62.2	10	3.5	3
Syrgasblekning	5.9	1	1.7	1
Tvätt/Sileri	0.0	0	8.7	7
Blekning	17.3	3	4.7	4
Lövmassalinje:				
Kokeri	31.2	5	0.7	1
Syrgasblekning	3.1	1	0.6	0
Tvätt/Sileri	0.0	0	3.0	2
Blekning	5.8	1	2.0	2
Återvinning, gemensamt övrigt				
Indunstning inkl stripper	153.7	25	3.3	3
Kausticering, mesaugn	0.0	0	4.7	4
Sodapanna	24.1	4	7.8	6
Bark/Oljepanna	0.8	0	2.5	2
ÅC övrigt	3.4	1	0.0	0
Blekkemikalieberedning	10.6	2	0.7	1
Värmeöverskott	6.3	1	0.0	0
Massatorkning	24.4	4	4.1	3
Service, hjälpavdelningar				
Råvatten/Avlopp	0.0	0	8.5	7
Verkstad, belysning, kompressorer mm	0.0	0	1.0	1
Ställverkskylare mm	1.9	0	0.0	0
Ext .leverans, fjärrvärme	2.6	0	0.0	0
Pappertillverkning:				
PM1, Finpapper inkl kemberedning	72.9	12	22.2	17
PM2, Kartong	94.7	15	41.6	32
Oredovisat	25.6	4	2.0	2
Totalt för tillverkningsprocesser	551.7	89	128.2	100
Värme för elproduktion				
Mottrycksturbin 1	43.4	7		
Mottrycksturbin 2	22.9	4		
Totalt för anläggningen	618.1	100	128.2	100

Med energianvändningen på kort sikt redogjord återstår att beräkna behovet av energitillförseln.

3.5.1.2 Energitillförsel/omvandling efter planerade förändringar på kort sikt

Sammanställning av processernas energibehov, för balansen på kort sikt var enligt **Tabell 23** för värme 618.1 MW och för el 128.2 MW.

Massaproduktion, värmeproduktion från sodapanna samt elproduktion är oförändrade. Beräkning av behovet av värmeproduktion från bark/oljepannan framgår av **Tabell 24**. Värme från egen bark ändras inte och inköpt biobränsle antas inte ändras. Resultatet blir något minskad oljeanvändning.

Tabell 24. Beräkning av värmeproduktion i bark/oljepanna

Värmebehov, totalt	MWv	618.1	
Avgår:			
Värme från sodapanna, lut+olja	MWv	466.5	oförändrat
Värme från gaspanna	MWv	6.5	oförändrat
Sekundärvärme för spädvattenförvärmning	MWv	11.3	beräknas för kondensatförlusterna
Värme från el till mavapump	MWv	2.7	ungefär som i aktuell balans
Behov från bark/oljepanna	MWv	131.1	

Värmeproduktion och bränslebehov i bark/oljepannan:

			Verkngrd	Bränslevärde
			-	MWb
Värme från olja	MWv	39.2	0.90	43.5
Värme från köpt biobränsle	MWv	17.9	0.85	21.1
Värme från egen bark	MWv	74.0	0.85	87.0
Totalt	MWv	131.1		

Elproduktionen förblir oförändrad eftersom turbinerna var för små redan i aktuell balans. Det totalt ökade elbehovet täcks av ökat inköp. Sammanställning av energiomvandling för värme- och elproduktion för energibalansen på kort sikt ges i **Tabell 25**. Sammanställning av energitillförsel i energi- och kommersiella mängder ges i **Tabell 26**.

Tabell 25. Sammanställning av energiomvandlingen för värme- och elenergiproduktion

Energiomvandling: värme- och elproduktion

	Värme		El	
Värmeproduktion	MWv		MWe	
Från lut	460.4			
Från egen bark	74.0			
Från köpt biobränsle	17.9			
Från olja i SP	6.0			
Från olja i BP	39.2			
Från gasdestruktion	6.5			
Från återvunnet sekundärvärme	11.3			
Från elanvändning i mavapumpar	2.7			
Total värmeproduktion	618.1	100%		
Elproduktion				
Turbin 1	-43.4	-7%	41.9	33%
Turbin 2	-22.9	-4%	22.0	17%
Elinköp			64.4	50%
Värme till processer resp. total eltillförsel	551.7	89%	128.2	100%

Tabell 26. Sammanställning av energitillförsel i energi- och kommersiella mängder

Energitillförsel, externt och internt	Bränsle MWb	El MWe	Kommersiell mängd	
Olja, för ångproduktion i BP	43.5		34 855	m3olja/år
Olja, för ångproduktion i SP	6.7		5 319	m3olja/år
Olja, för direktanvändning i mesaugn	60.6		48 010	m3olja/år
Gasol, för direktanvändning i pappersbruket	0.0		0	t/år
Köpt biobränsle	21.1		179 875	MWhb/år
Internt bränsle, Lut	534.8			
Internt bränsle, Bark	87.0			
Internt bränsle, Destruerad gas	7.6			
Köpt el		64.4	548 467	MWhe/år

Kemmassabrukets energiförhållanden på kort sikt presenteras i grafisk form med uppgifter om energianvändning av värme och el på avdelningar/delprocesser i **Bilaga 10.12** ”Kemmassbrukets energianvändning; på kort sikt” samt uppgifter på energitillförsel och omvandlingar (genomsnittliga effektflöden för olika energislag) i **Bilaga 10.13** ”Kemmassabrukets tillförsel, omvandling och distribution av energi; på kort sikt”.

3.5.2 Mekmassabruket

3.5.2.1 Energianvändning efter planerade förändringar på kort sikt

Planerad förändring på kort sikt är en produktionsökning på PM2 med 20 % baserat på returpapper. Ökningen nås genom ökad hastighet, ökad tillgänglighet och minskat utskott från 15 till 10 %.

Produktionsdata på kort sikt visas i **Bilaga 10.14** och kommer att ligga som underlag i redovisningen för PFE.

Torrhalt efter press ändras från 43 till 41 %, vilket ökar värmeförbrukningen (med oförändrad specifik värmeförbrukning för avdunstningen på 3.0 GJ/t_{avd}) från 3.35 till 3.66 GJ/t (bruttoproduktion) och med hänsyn till torkat utskott från 3.85 till 4.03 GJ/t (nettoproduktion). Absolut blir värmeförbrukningen för PM2 i medeltal 47.3 MW (= 360 000 / 355 / 24 * 4.03 / 3.6).

Elförbrukningen bedöms öka från 19.4 till 21.4 MW enligt:

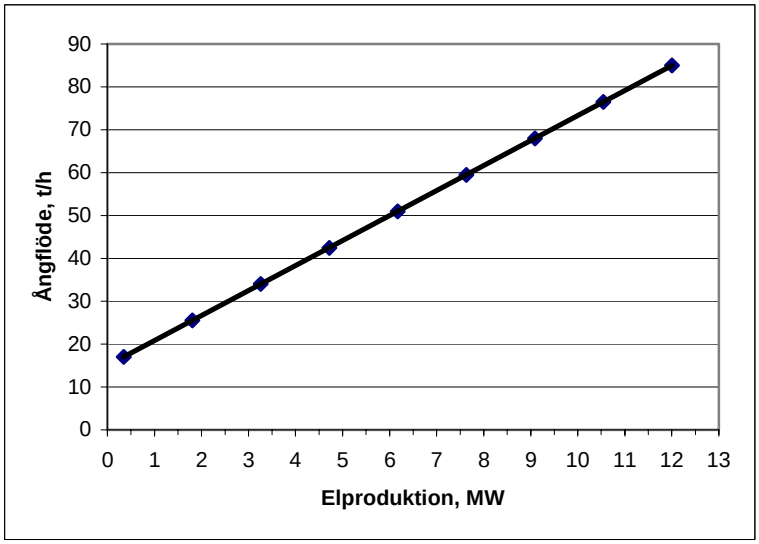
$$19.4 * ((360\,000 * 1.10) / (300\,000 * 1.15))^{0.7} = 21.4$$

Specifik elförbrukning ändras då från 550 till 505 kWh/t (nettoproduktion).

Returpappersanläggningen ökar dygnsproduktionen från 616 till 788 ADt/d, vilket ökar värmeförbrukningen från 7.7 till 9.9 MW och elförbrukningen från 9.6 till 11.4 MW (= $9.6 * (788 / 616)^{0.7}$).

Inga andra ändringar planeras på kort sikt. Energianvändningen för produktionsprocesserna blir då enligt **Tabell 27**. Den förändrade värmeförbrukningen för processen medför också att värmeunderlaget för turbinen ändras, vilket kommer att påverkar turbinens elproduktion och värmeförbrukning.

För att komma fram till hur mycket mer el som kan produceras måste man ta hjälp av turbindiagrammet som för mekmassabrukets turbin ser ut enligt **Figur 4.**



Figur 4. Mekmassabrukets turbindiagram

Figure 4. Turbine diagram in a newsprint mill

All värmeförbrukning till processerna i mekmassabruket är inte värmeunderlag för turbinen. Återvunnet TMP-värme, sekundärvärme och värme från elpannan samt större del av värme för sotånga, på tillsammans 41.3 MW, måste dras ifrån processvärmeförbrukning på 86.2 MW. Nytt värmeunderlag för möjlig elproduktion blir då 44.9 MW.

För beräkning av ny möjlig elproduktion kan man göra på följande sätt:

Man beräknar $\alpha_{marginal}$ enligt anvisningarna i avsnitt 4.4. I t.ex. området mellan 6 och 10 MW med tillhörande ångflöden kan marginell elproduktion beräknas med hjälp av turbindiagrammet ovan enligt:

$$E_{marg} = (10\,000 - 6\,000) / (73.5 - 50.0) * 3.6 = 170 \text{ kJ/kg och}$$

$$\alpha_{marginal} = 170 / (3\,300 - 170 / 0.96 - 504) = 0.284$$

Ökad elproduktion för det utökade värmeunderlaget blir då 12.5 * 0.284 = 3.6 MWe och total ny elproduktion 6.2 + 3.6 = 9.8 MWe. För det åtgår en värmeförbrukning på 10.4 MWv (= 9.8 / 0.94).

För mekmassabruket kommer därför energianvändningen på kort sikt att se ut enligt **Tabell 27**. För oförändrade avdelningar används samma energianvändnings som i aktuella energibalansen. Det gäller även oredovisat.

Tabell 27. Energianvändning på kort sikt

Energianvändning, årsmedel				
Drifttid, h	8520			
	Värme		El	
Avdelningar/delprocesser	MWv	%	MWe	%
Vedhantering	1.5	2	0.8	1
Raffinörlinje, exkl raffinörer	0.2	0	10.4	8
Primärraffinörer	0.0	0	49.4	40
Rejektraffinörer	0.0	0	13.0	10
Blekeri	0.0	0	1.3	1
DIP	9.9	10	11.4	9
Gemnesamt övrigt				
Oljepanna	0.0	0	0.0	0
Bark/Oljepanna	0.8	1	1.0	1
ÅC övrigt	0.0	0	0.0	0
Service, hjälpavdelningar				
Råvatten/Avlopp	0.0	0	3.4	3
Verkstad, kompressorer, belysning mm	0.0	0	1.0	1
Lokalvärme	1.0	1	0.0	0
Ext .leverans, fjärrvärme	0.0	0	0.0	0
Pappertillverkning:				
PM1, Tidningspapper	21.2	22	10.6	8
PM2, Tidningspapper	47.3	49	21.3	17
Oredovisat	4.3	4	1.0	1
Totalt för tillverkningsprocesser	86.2	89	124.6	100
Värme för elproduktion				
Mottrycksturbin	10.4	11		
Totalt för anläggningen	96.6	100	124.6	100

Med energianvändningen på kort sikt redogjord återstår att beräkna behovet av energitillförseln.

3.5.2.2 Energitillförsel/omvandling efter planerade förändringar på kort sikt

Totalt värmebehov för hela anläggningen på kort sikt beräknades till 96.6 MWv enligt **Tabell 23**.

För elångpannan bedöms produktionen halveras till 0.7 MW. De något ökade kondensatförlusterna bedöms kunna förvärmas till samma temperatur, vilket ökar tillfört värme med sekundärvärme något. För övriga poster sker inga förändringar. Detta leder till ett behov på 55.7 MWv från bark/oljepannan.

I bark/oljepannan ökar värmeproduktion från DIP-rester proportionellt med produktionen till 13.7 MWv som årssnitt. Inköpt biobränsle bedöms öka med 50 %, vilket ökar värmeproduktionen till 15.0 MWv. Värmeproduktion från egen bark ändras inte. Detta leder till att värmebehovet från olja ökar från 10.9 till 19.0 MWv, för vilket åtgår 21.1 MWb olja, se **Tabell 28**.

Sammanställning av energiomvandling för värme- och elproduktion för energibalansen på kort sikt ges i **Tabell 29**. Sammanställning av energitillförsel i energi- och kommersiella mängder ges i **Tabell 30**.

Tabell 28. Beräkning av bränslebehov för nödvändig värmeproduktion i bark/oljepanna, kort sikt

Värmeproduktion i Bark/Oljepanna

		Verkngrd	Bränslevärde
	MWv	-	MWb
Värme från olja	19.0	0.90	21.1
Värme från köpt biobränsle	15.0	0.85	17.7
Värme från egen bark	7.9	0.85	9.3
Värme från DIP rester	13.7	0.80	17.1
Totalt	55.7		

Tabell 29. Sammanställning av energiomvandlingen för värme- och elenergiproduktion

Energiomvandling: värme- och elproduktion

	Värme		El	
Värmeproduktion	MWv		MWe	
Från DIP rester	13.7			
Från egen bark	7.9			
Från köpt biobränsle	15.0			
Från olja i OP	0.0			
Från olja i BP	19.0			
Från elångpanna	0.7		-0.7	-1%
Från TMP värmeåtervinning	38.6			
Från återvunnet sekundärvärme	1.3			
Från elanvändning i mavapumpar	0.2			
Total värmeproduktion	96.6	100%		
Elproduktion				
Mottrycksturbin	-10.4	-11%	9.8	8%
Elinköp inkl. elpanna			115.6	93%
Värme och el till processer	86.2	89%	124.6	100%

Tabell 30. Sammanställning av energitillförsel i energi- och kommersiella mängder

Energitillförsel, externt och internt

	Bränsle	El	Kommersiell mängd	
	MWb	MWe		
Olja, för ångproduktion i BP	21.1		16 922	m3olja/år
Olja, för ångproduktion i OP	0.0		0	m3olja/år
Gasol, för direktanvändning i pappersbruket	0.0		0	t/år
Köpt biobränsle	17.7		150 804	MWhb/år
Internt bränsle, DIP rester	17.1			
Internt bränsle, Bark	9.3			
Köpt el inkl. elpanna		115.5	984 412	MWhe/år

För PFE presenteras energiförhållandena för mekmassabruket på kort sikt i grafisk form med uppgifter om energianvändning av värme och el på avdelningar/delprocesser i **Bilaga 10.15** ”Mekmassabrukets energianvändning; på kort sikt” samt uppgifter på energitillförsel och omvandlingar (genomsnittliga effektflöden för olika energislag) i

Bilaga 10.16 ”Mekmassabrukets tillförsel, omvandling och distribution av energi; på kort sikt”.

3.6 Riktlinjer för beräkning av energianvändning/tillförsel för balanser på lång sikt

Syftet med en analys av företagets långsiktiga energianvändning är i första hand att ta fram kunskap som kan utnyttjas för den kortsiktiga planeringen. Avsikten är att förväntad långsiktig utveckling även beaktas vid kortsiktiga förändringar.

Den långsiktiga energianvändningen utreds övergripande för sannolika framtida produktionsförhållanden om dessa väsentligt skiljer sig från dem som gäller på kort sikt. Målet med utredningen är framförallt att ge de strategiskt viktiga utvecklingsvägarna för anläggningens energianvändning och kan därför hållas på en översiktlig nivå. Med långsiktiga avses här en period på upp till åtminstone tio år.

För PFE torde det räcka med kommentarer till presentationen om energiförhållandena på kort sikt beträffande eventuella möjliga förändringar.

4 Analys av möjliga åtgärder och övriga energikonsekvenser

4.1 Jämförelser med referensvärden

När uppgifter om energiförbrukning har tagits fram för en avdelning/delprocess eller anläggning kan de jämföras energimässigt med:

- Tidigare egna värden
- Garantivärden för anläggningen när den byggdes (om de inte ändrats alltför mycket)
- Jämförelsetal från andra liknande anläggningar

Jämförelse mellan framräknad energiförbrukning och referensvärden kan tjäna som en kontroll på att värdet är rimligt samtidigt som det kan ge en indikation på möjlig sparpotential. Referensnivåer för några avdelningar/parametrar för jämförelse finns listade i tabeller nedan. Redovisade siffror är årsmedeltal.

En av dessa parametrar är verkningsgraden för olika förbränningsanläggningar, se **Tabell 31**. Angivna verkningsgrader refererar till värmevärde angivet som effektivt värmevärde för fuktigt bränsle (se även avsnitt 2.6).

Tabell 31. Rimliga värden vid energianalys; verkningsgrad (exkl. ev. rökgaskylare)

Förbränning	**Verkningsgrad**
Sulfatlut	82 – 88 %
Olja	87 – 92 %
Bark, snedrost	80 – 85 %
Bark, fluidiserande bädd	85 – 88 %

Värmeförbrukning i kokerier skiljer sig mycket åt beroende på om det är kontinuerligt eller satsvist. Dessutom finns olika varianter för de två huvudtyperna. De nya satsvisa kokarna skiljer sig avsevärt från de äldre konventionella kokerierna vad beträffar energiförbrukning. Ungefärliga riktvärden på specifik energiförbrukning för kokerier ges i **Tabell 32**. Värdena ges per ton kokad massa. Värmeförbrukningen beror framförallt på vilket vedslag som kokas och utbytet.

Tabell 32. Ungefärliga riktvärden på energiförbrukning i kokerier

Process	**Specifik energiförbrukning (kokad massa)**		
	Värme		**El**
	MWhv/ADt	**GJ/ADt**	**MWhe/ADt**
Kontinuerligt kokeri	0.42 – 0.64	1.5 – 2.3	35 – 40
Modernt satsvist kokeri	0.58 – 0.78	2.1 – 2.8	40 – 45
Konventionellt satsvist kokeri	0.97 – 1.11	3.5 – 4.0	ca 25

Värmeförbrukning vid indunstning beror huvudsakligen av antalet effekter, vilket visas i **Tabell 33**. Antalet effekter påverkar elförbrukningen marginellt.

Tabell 33. Ungefärlig energiförbrukning vid indunstning

Energiförbrukning exkl. stripper	**Antal effekter**		
	5	**6**	**7**
GJ värme/ton avdunstat	0.52	0.44	0.38
kWh värme/ton avdunstat	144	122	106
Ton ånga/ton avdunstat	0.24	0.20	0.18
kWh el/ton avdunstat (fallfilmsindunstning)	2.2		

Vattenavdunstning vid torkning varierar något med typ av produkt. Vid massatorkning (typ fläkttork) är specifik värmeförbrukning oftast något lägre än vid vattenavdunstning i papperstork, bl. a. beroende på att utgående våtluft från fläkttorken har högre daggpunkt. Typiska intervall för värmeförbrukningen visas i **Tabell 34**.

Tabell 34. Ungefärlig värmeförbrukning för vattenavdunstning vid torkning

Process	**Värmeförbrukning GJ/ton avd.**	**Värmeförbrukning MWh/ton avd.**
Massatorkning	2.7 – 2.9	0.75 – 0.81
Papperstorkning	2.9 – 3.1	0.81 – 0.86

4.2 Jämförelse med referensvärden enl. KAM/FRAM/BAT etc.

Referensvärden kan hämtas från officiella rapporter och jämföras med egna framtagna energidata. Det finns ett antal officiella referenser tillgängliga och några presenteras nedan. Problemet med officiell statistik, är att den ofta baseras på uppgifter som sällan överensstämmer med de egna beräkningsmetoderna för energi. Det kan vara skillnader för hur systemgränser, beräkningar och presentation hanteras. Den specifika energiförbrukningen är också i hög grad beroende av vilken typ av process och utrustning som används. Det kan medföra att referensernas energiförbrukningar ibland skiljer sig åt. I tillgänglig referensdokumentation presenteras vanligtvis energiförbrukningen per ton producerad massa eller papper.

Skogsindustrierna har genomfört återkommande enkäter om energianvändningen i svensk massa- och pappersindustri (se www.skogsindustrierna.org). Den senaste undersökningen genomfördes år 2000 och innehåller information om 59 fabriksanläggningar. Rapporten presenterar energidata som medelvärden för samtliga fabriker per ton producerad produkt. Medelvärden från den senaste enkäten är sammanställd i **Bilaga 10.22**. I undersökningen betraktas sotångan som en förlust i sodapannan och ingår inte som en post i energibalansen för varken produktions- eller förbrukarsidan. Värmeförbrukningen vid kondensatförlust redovisas med hänsyn till temperaturen efter spädvattenförvärmningen.

KAM är ett Mistra-program för kretsloppsanpassad massafabrik (rapport kan införskaffas hos STFI, www.stfi.se/mistra/kamprog.htm). KAM:s referensfabrik är energimässigt utformad som en idag nybyggd energisnål massafabrik. Därför ger inte programmet referensvärden som överensstämmer med verkliga fabriker i Sverige. De

flesta fabriker är inte utrustad med den senaste tekniken som antagits i KAM och därmed svårt att uppnå en sådan energieffektivitet. Dessutom innehåller programmet endast två typer av referensfabriker för blekt avsalumassa, med ECF- respektive TCF-blekning. Energiförbrukningen anges i ett vinter- respektive sommarfall. Värmeförbrukningen vid kondensatförlust beräknas med hänsyn till temperaturen för kallt spädvatten d.v.s. innan förvärmning.

FRAM är ett program för framtida resursanpassad massafabrik och är en vidare bearbetning av KAM-programmet. Arbetet med FRAM bedrivs av STFI-Packforsk och kommer att avslutas sommaren 2005. FRAM programmet innehåller exempel med både referens- och typfabriker för kemiska och mekaniska massafabriker med integrerad papperstillverkning.

BAT, Europakommissionens rapport enligt IPPC-direktivet, om bästa möjliga teknik för pappers- och massaindustrin (se www.europa.eu.int). I BAT finns produktions- och energidata från de flesta typer av massafabriker inkl. sulfat, sulfit, TMP, CTMP och processer för återvunnet papper. Dessutom finns energiförbrukning för pappersmaskinen och tillverkning av olika typer av pappersprodukter. Energiförbrukningar baseras på energibalanser med den svenska massa och pappersindustrin som underlag. Det ska motsvara en fabrik som är byggd 1970 och som därefter har moderniserats t.o.m. 1995. Hur gränsdragningar, beräkningar och balanser har genomförts framgår inte av rapporten och försvårar jämförelsen med egna framtagna energiuppgifter.

I **Bilagorna 10.23** och **10.24**, anges några av de tillgängliga specifika energiförbrukningar som finns enligt KAM och BAT. Dessutom anges energiförbrukningar för ett typbruk som baseras på erfarenhet och beräknade energibalanser enligt ÅF. Dessa värden visar hur det energimässigt skulle kunna förhålla sig på ett svenskt massabruk idag, med en blandning av ny och gammal teknik. I rapportens bilagor presenteras inte energidata för alla typer av fabriker, utan främst referensvärden som ungefärligt överensstämmer med rapportens typfabriker. I källorna finns mer detaljerade uppgifter angående de i rapporten presenterade fallen och ytterligare uppgifter för andra typer av pappers- och massafabriker.

4.3 Riktlinjer för identifiering av potentiella energieffektiviseringar

Att jämföra fabrikens energianvändning med visade referensvärden för avdelningar och produkter i kapitel 4.1 och 4.2, är ett första steg för identifiering av potentiella energieffektiviseringar såväl för värme- som för elförbrukningar. Efter en första grovgallring måste man även ta med förhållandena för de för energin viktiga parametrarna.

4.3.1 Grundprinciper för elenergibesparing

För massa- och pappersindustrin finns ett antal grundprinciper för elenergibesparingar. De kan medverka till att belysa möjliga energibesparingar i en fabrik eller process. Om ansvariga inom projekt- inköps-, underhållsavdelningen har dessa grundprinciper i åtanke vid planerade ny- och ombyggnationer, kan fabriken kontinuerligt energi-

optimeras. Driftpersonal kan påverka energiförbrukningen genom att vara energimedvetna och föra fram sina idéer om fel, brister och möjliga förbättringar i processen, som upptäcks i det dagliga arbetet.

Grundprinciper för elbesparing:

1. **God fabrikslayout** – ny- och utbyggnader av fabriken bör planeras så att onödiga transporter inom anläggningen undviks. Möjligheten till systemintegration bör identifieras och genomföras. Centralsystem ger mindre förluster än flera direkta system.
2. **Varvtalsreglering** – många pumpar har varierande volymflöde, där normalt behov oftast ligger långt under maximal kapacitet. Vid strypreglering av flödet kvarstår hög elförbrukning genom att onödigt mycket energi måste strypas bort vid låga flöden. Med varvtalstyrning fås energibesparing inte bara av minskade strypförluster utan också av att pumpen arbetar med hög verkningsgrad över ett stort lastområde.
3. **Allmän återhållsamhet vid pump- och fläktdimensionering** – vid installationer av fläktar och pumpar sker överdimensioneringar, ofta beroende av planerade produktionsökningar i framtiden eller förändrade förhållanden i processen. Dimensionering bör därför göras med återhållsamhet eftersom överdimensionering ofta medför större energiförluster.
4. **Effektiva vakuumpumpar** – vakuumpumpar med så hög verkningsgrad som möjligt bör användas. Systemen bör optimeras så att ingen tjuvluftsreglering används i onödan.
5. **Utrustning med hög verkningsgrad** – all utrustning som används ska vara energieffektiv. Vid nyanskaffning bör hänsyn tas till utrustningens verkningsgrad, som kontrolleras och jämförs mellan de olika fabrikaten.
6. **Bandtransport av flis och bark** – är det mest energisnåla transportsättet för transport av flis och bark. De största energiförbrukarna för transport är vanligtvis pneumatiska system.
7. **Hög och jämn produktion** – i en fabrik finns alltid en grundförbrukning av elenergi som är oberoende av hög eller låg produktion. Energiförbrukningen räknas ofta per ton producerad massa eller papper, vilket ger låg specifik energiförbrukning vid hög produktion och vise versa. Verkningsgraden minskar också för utrustning och processer vid ojämn förbrukning.
8. **God styrning och övervakning** – med bra utbildning, rätt verktyg och hjälpmedel för drift- och underhållspersonal, kan alla processer i en fabrik energioptimeras. Drift-, och underhållspersonal måste ha insikt och kunskap om energi och hur den kan påverkas av olika driftsätt. Det krävs också kontinuerlig uppföljning och analys av energiförbrukning och energisystem. Det kräver övervakning med bra mät- och loggningssystem. Historik ger en möjlighet att studera energivariationer under lång tid. I förhållande till produktionsdata kan slutsatser dras om anläggningen har en rimlig elenergiförbrukning.

4.3.2 Identifiering för elenergibesparing

När fabriken kartläggs och analyseras så identifieras möjliga åtgärder för att effektivisera elanvändningen i anläggning och frågeställningar som följer kan ge möjliga angreppspunkter. Detta är några exempel:

Åtgärdspunkt	Frågeställning för möjlig elenergibesparing
Motorer	• Överdimensionerade motorer? • Undviks onödig drift?
Flödes- och varvtalsregleringar	• Har systemen dåligt dimensionerade strypregleringar? Är frekvensstyrning ett alternativ?
Belysning	• Är belysningen tänd efter arbetstid? Behövs ny teknisk styrutrustning eller ska rutiner förändras? • Är belysningen ändamålsenlig? Är lysarmaturer smutsiga eller felplacerade?
Elvärme	• Är temperaturen onödigt hög? • Dålig reglering eller isolering? • Är elvärme tillslagen i onödan? • Finns möjlighet till annan typ av uppvärmning?
Tryckluftssystem och vakuumsystem	• Finns det läckage i systemet? • Dålig reglering av tryckluftskompressorer och vakuumpumpar?
Transformatorer	• Är tomgående transformatorer inkopplade i onödan?
Effektfaktor	• I vissa fall får fabriker betala för reaktiv effekt. Är det möjligt att höja effektfaktorn med kondensatorbatteri, synkronmotor eller turbin?

När pappers- och massaindustrin studeras mer detaljerat och processrelaterat m.a.p. förbrukare, ger motsvarande typ av frågeställningar mer specifika uppslag för elenergibesparingar. Nedan finns några exempel:

Elenergiförbrukare	Frågeställning för möjlig elenergibesparing
Vattenpumpar för rå-, process- och varmvattensystem	• Är pumparna korrekt dimensionerad för systemen? • Utnyttjas tryck- och lägesenergi? • Går det att installera varvtalsstyrning eller tvåhastighetsmotorer? • Är intermittent drift möjlig? • Kan system med olika tryck separeras med skilda pumpar? • Är reglerventiler korrekt dimensionerade? • Kan flöden minskas?

Massapumpar	• För massapumpar gäller samma frågeställningar som för vattenpumpar. • Är det möjlig höja massakoncentrationen för att minska flödet?
Malutrustning	• Hålls malutrustning i gott skick med hänsyn till verkningsgraden? • Är intermittent drift möjlig?
Lutpumpar	• För lutpumpar gäller samma frågeställningar som för vattenpumpar.
Filter och silar	• Stoppas hydraulsystem vid stillestånd? • Är det tillräckligt bra rengöring i filter och silar?
Omrörare	• Har omrörarna bra verkningsgrad?
Massaupplösare	• Undviks onödig drift?
Drivutrustning för våt- och torkparti	• Har våtpartiet bra utformning med effektiva system? • Är kondensattömning i torkcylindrar effektiv?
Transportsystem och balningslinjer	• Används energisnåla transportsystem? Energiförbrukningen skiljer sig mellan olika typer av system. • Stoppas transportsystemens motordrifter vid driftavbrott? • Är hydraulpumparna möjliga att stoppa vid driftavbrott?
Flishugg och renseri	• Har knivar god skärpa? • Körs flishugg och renseri med intermittent drift vid överkapacitet?
Matarvattenpumpar, kondensatpumpar och spädvattenpumpar	• Är pumparna rätt dimensionerade? • Är varvtalsstyrning möjlig? • Är det möjligt att installera och utnyttja en turbindriven matarvattenpump? • Har kondensatkärl bra tillrinningsförhållande och reglering, d.v.s. ingenting som orsakar kavitation i pumpar eller onödig drift? • Kan spädvattenpumpar köras med intermittent drift? • För övrigt gäller samma frågeställningar för dessa pumpar, som för vattenpumparna beskrivna ovan.
Pannhusfläktar	• Har fläktarna varvtalsstyrning? • Om det finns system med parallellkopplade fläktar. Stoppas någon av fläktarna vid låglast?
Torkfläktar	• Har fläktarna varvtalsstyrning? • Är det möjligt att höja daggpunkten för att minska luftflödet? • Kan fläktar stoppas vid låglast?

Ventilationsfläktar	• Går fläktarna strypta? Kan fläktarna varvas ned med varvtalsreglering, storleksbyte av remskiva eller dylikt? • Kan fläktarna varvas ned eller stängas av efter arbetstidens slut? • Kan tvåstegsmotorer eller varvtalsstyrning användas vid stora variationer av luftbehovet? Kan flera fläktar utnyttjas i samma system med möjlighet att stänga någon vid låglast?
Belysning	• Är allmänbelysningen släckt på de platser i fabriken där inga personer uppehåller sig? Ofta körs maskiner från centralt belägna kontrollrum. Räcker det med ledljus på vissa platser i fabrikslokalen? • Är befintliga lysarmaturer rena?
Kompressorer och vakuumpumpar	• Kontrolleras trycklufts- och vakuumsystem med hänsyn till eventuella läckage? • Hur bra är kompressorernas och vakuumpumparnas verkningsgrad? • Hur regleras de? Går de på tomgång trots att det finns möjlighet att stänga av dem? Är varvtalsstyrning möjlig? • Är tätningsvattenflödet onödigt stort? Detta höjer energiförbrukningen?

4.3.3 Åtgärder för värmeenergibesparing i massa- och pappersindustri

PFE fokuseras främst på elenergibesparingar. Men i samband med analys och kartläggning av hela energisystemet kommer möjliga besparingar av värmeenergi att upptäckas. Enligt ELS ska man arbeta med ständiga förbättringar av alla energislag och således även värme. Några enkla grundprinciper kan användas som vägledning för identifiering av energibesparande åtgärder för värme.

Grundprinciper för värmebesparing:

1. **Hög verkningsgrad på pannor** – Låg bränsletorrhalt medför att mycket energi åtgår för torkning av bränslet i pannan. Stort luftöverskott ger energiförluster när mycket luft ska värmas upp och transporteras genom pannan. Hög rökgastemperatur medför värmeförluster som påverkar verkningsgraden negativt. Många faktorer som påverkar verkningsgraden är möjliga att åtgärda med rätt utrustning och driftoptimering av pannan.
2. **Värm så små flöden som möjligt, med minsta möjliga temperaturintervall** – undvik att t.ex. tillföra stora flöden varmvatten till processen, som i efterkommande processteg kan bli en energikrävande barlast. Minsta möjliga temperaturintervall kan åstadkommas med t.ex. kaskadkopplade värmeväxlare för effektivt utväxling och nyttjande av tillgänglig värmeenergi.

3. **Förånga så lite vatten som möjligt** – det krävs mycket energi att omvandla vatten till ånga.
4. **Undvik avångningsförluster från fria vätskeytor** – när en vätska under tryck och strax under kokpunkten kommer i kontakt med atmosfärstryck börjar den koka och förångas med stora värmeförluster som följd.
5. **Värmeisolera heta ytor** – konvektion och strålning kan orsaka stora förluster i en process och innebär att ett större energiflöde än nödvändigt måste tillföras.
6. **Undvik att energirika medier läcker bort till ingen nytta** – ett medium som innehåller mycket energi kan trots ett litet läckage orsaka stora förluster.
7. **Återanvänd värmeenergi vid lägre temperaturnivå** – om ångvärme inte är nödvändig för processen, bör tillgänglig sekundärvärme från primärvärmeförbrukare utnyttjas.
8. **Hög och jämn produktion** – i en fabrik finns alltid en viss grundförbrukning av värmeenergi som är oberoende av produktionsnivå, t.ex. energiförbrukning för uppvärmnings- ventilations- och varmvattensystem. Energiförbrukningen räknas ofta per ton producerad massa eller papper, vilket ger en låg specifik energiförbrukning vid hög produktion och vise versa. Dessutom minskar verkningsgraden för pannan vid låg och ojämn last med ökade förluster som följd.
9. **God styrning och övervakning** – drift- och underhållspersonal ska ha bra utbildning, rätt verktyg och hjälpmedel. De måste ha insikt och kunskap om energi och hur den kan påverkas av olika driftsätt. Kontinuerlig uppföljning och analys av energiförbrukning och energisystem är nödvändig. Historik från mät- och loggningssystem ger en möjlighet att studera energivariationer under lång tid. Förhållandet till produktionsdata visar om värmeenergiförbrukningen är rimlig.

4.4 Riktlinjer för energikostnadsbedömning

I PFE-programmet är priset för ändrad elförbrukning definierat som medelpriset för de tolv närmast föregående månaderna före fastställandet av åtagandena för eleffektivisering. I medelpriset ingår de kostnader som påverkas av ändrad elförbrukning. Dessutom ska elskatten ingå i priset vid beräkningen av återbetalningstiden för PFE-åtgärderna. På så sätt beaktas kravet på total effektivisering, d.v.s. en ökad effektivitet motsvarande vad som skulle ha uppnåtts utan energiskattelättnaden.

I övrigt bör de verkliga kostnader som påverkas av ändringen, både för värme och för el ligga till grund för beräkningen av ändrade energikostnader. Energikostnader vid förändrade energiförbrukningar bör grundas på såväl de tekniska som de ekonomiska förhållanden som blir aktuella för ändrad energiåtgång/produktion.

Ändrad elkostnad vid en elbesparing som minskar energi såväl som effekt bör kunna tillgodogöra sig såväl rörlig elenergikostnad som effektkostnad, medan en åtgärd som bara sparar energi endast bör kunna tillgodogöra sig det rörliga elpriset. Med rörlig kostnad menas här således kostnader som verkligen påverkas av åtgärden, vilket för el kan betyda att effektkostnad för abonnemang kan vara rörlig.

För värmekostnad vid ändrad ångvärmeförbrukning blir kostnadsbedömningen mer komplicerad då systemet innehåller en mottrycksturbin. Eftersom värmeförbrukningen efter turbinen är en förutsättning för mottryckskraftproduktionen, följer att intäkten vid kraftproduktionen ska tillgodoräknas värmeförbrukaren. Ju större intäkt som kraftproduktionen genererar desto lägre blir värmepriset efter turbinen. Värme som används från ånga som inte har passerat turbinen får däremot samma pris som efter pannan.

Vid mottryckskraftproduktion är α-tal ett användbart begrepp, som definieras enligt följande:

$$\alpha\text{-tal} = \text{elproduktion / värmeförbrukning efter turbinen}$$

α-talet beräknas för varje ångnät för sig. För en hel anläggning (flera ångnät, turbiner) blir beräknat kvot ett medelvärde för anläggningen för aktuella ångtryck och fördelning av ångflöden.

Vid ändrad ångvärmeförbrukning efter turbinen ska de motsvarande tekniska förhållandena beaktas, vilket betyder att det är elproduktionen utan tomgångsförluster ska användas och ligga till grund för ändrad elproduktion. För ångpannan som berörs av ändringen bör den marginella verkningsgraden användas etc. För energikostnaderna tas på motsvarande sätt bara de rörliga kostnaderna med.

För värmeförbrukare på olika ångnät blir värmekostnaden lägre med sjunkande ångtryck, beroende på att mer mottryckskraft kan produceras med lägre ångtryck efter turbinen. Det gäller så länge man håller sig inom kapaciteterna för utrustning som berörs.

Den marginella elproduktionen och energiuttaget ur ångan kan fås från turbindiagrammet som visar ångbehov för viss eleffekt genom lutningen på kurvan (i t.ex. kWh/t ånga) i aktuellt område för ändringarna. Med detta värde kan $\alpha_{marginal}$ (t.ex. i MWhe/MWhv) beräknas.

Marginell elproduktion är:

$$E_{marg} = \text{kWh/t} * 3.6, \quad \text{kJ/kg}$$

Entalpin (h_2) efter turbinen är högtrycksångans entalpi minus energiuttaget med elproduktionen, d.v.s.:

$$h_2 = h_{HT} - \text{kWh/t} * 3.6 / \eta_{Tmarg}, \quad \text{kJ/kg}$$

Alfa-talet för marginell ändring i LT-nätet är:

$$\alpha_{marginal\ LT} = E_{marg} / (h_2 - h_{mava}), \quad \text{MWhe/MWhv}$$

För mellantrycksånga måste hänsyn tas till returtemperaturen på kondensatet från förbrukaren, eftersom högre temperatur än den i mavatanken minskar LT-ångbehovet till tanken och därmed elproduktionen och vice versa.

Värmepriset efter turbinen är värmepriset efter panna minus intäkten av elproduktionen och beräknas enligt:

$$Pris_{förbrukare} = Pris_{HT} - \alpha_{marginal} * (Pris_{HT} / \eta_{Tmarg} - Pris_{E}), \quad kr/MWhv$$

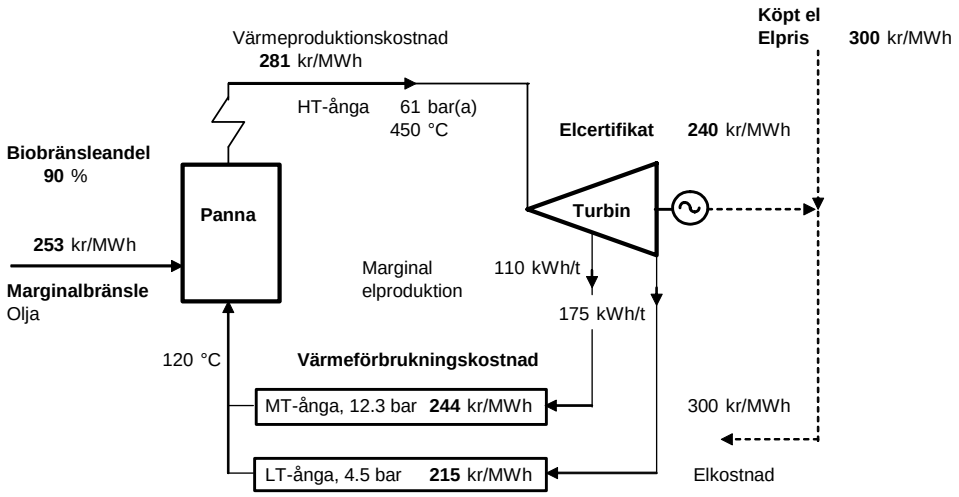
I **Tabell 35** visas ett exempel på värmepriser efter panna och efter turbinen där marginalbränslet är olja men att huvudparten av bränsletillförseln utgörs av biobränslen som t.ex. i kemmassabruket. Förutom elpriset påverkas värmepriset efter turbinen även av intäkten från elcertifikaten. I **Figur 5** visas motsvarande energipriser.

Tabell 35. Exempel på tabell för värmekostnader att användas vid ändrad värmeförbrukning i olika ångnät

Ångdata		HT-ånga	MT-ånga	LT-ånga
-Tryck	bar(a)	61.0	12.3	4.5
-Temperatur	°C	450	200	150
Matarvattentemperatur	°C	120		
Kostnader och data för marginalenergi				
Bränslekostnad, olja	SEK/m3	2724	(253 SEK/MWh)	
Värmevärde för bränslet	GJ/m3	38.7		
Marginalvärde för pannverkningsgrad	%	90.0		
Do för turbinverkningsgrad	%	97.5		
Biobränsleandel av totalt bränsle	%	90		
Kostnad för elinköp	SEK/MWh	300		
Värde av elcertifikat	SEK/MWh	240		
Värmekostnad för HT-ånga efter panna	SEK/MWh	281		

Marginalvärmekostnad efter mottryckturbin
(negativ kostnad = intäkt)

		LT-ånga	--- MT-ånga ---		
Kondensatreturtemperatur	°C	alla	180	120	70
Elproduktion, nominell	kWh/t	175	110	110	110
Elproduktion, total	kWh/t	175	90	110	127
Do, som alfa-tal	MWhe/MWhv	0.293	0.151	0.166	0.176
Marginalkostnad för värme:					
Värme efter panna	SEK/MWhv	281	281	281	281
Värmeåtgång för elproduktion	SEK/MWhv	84	43	48	51
Värde av elproduktion	SEK/MWhv	-88	-45	-50	-53
Värde ev elcertifikat	SEK/MWhv	-63	-33	-36	-38
Marginalkostnad för värme efter turbin (per MWhv vid förbrukare)	SEK/MWhv	215	247	244	241



Figur 5. Ångvärmepris efter turbin med hänsyn till intäkt av elpris och elcertifikat från elproduktionen (med värden från ovanstående tabell).

Figure 5. Cost of steam heat after turbine with respect to power cost and renewable electricity certificates from power generation (values from above table)

För budgetpriser bör årsmedelvärden användas istället för marginella värden, då även fasta kostnader tillkommer.

4.5 Bedömning av effekt av möjliga åtgärder

I bedömningen av möjliga åtgärder för att effektivisera energianvändningen ingår:

- Beskrivning av möjlig åtgärd
- Beräkning av ändrade energi- och övriga kostnader
- Bedömning av investeringskostnaden
- Bedömning av åtgärdens konsekvenser

Uppslag till möjliga åtgärder kan erhållas genom jämförelse med olika referensvärden och frågeställningar som behandlats i avsnitt 4.1 till 4.3.

Vilka energikostnader som ska användas vid utvärdering av möjliga åtgärder behandlades i avsnitt 4.4. Till det ska läggas ändringar av övriga kostnader.

I en första översiktlig bedömning att realisera möjlig åtgärd görs en grov bedömning av investeringskostnaden baserad på erfarenhet från likartade åtgärder. Ett alternativ kan vara att bedöma vilken investering som den möjliga energibesparingen kan bära.

Notera att åtgärder för värmebesparingar också ändrar bränsleförbrukning och i fabriker med mottrycksturbin även elproduktionen. Bränsleförbrukningen påverkas både av den förändrade processvärmeförbrukningen och elproduktionens värmeåtgång.

Möjliga värmebesparingar kan erhållas genom att utrustning byts ut till energisnålare processer. En indirekt effekt av detta kan vara att möjligheterna till värmeåtervinning för produktion av varm/hetvatten minskar, vilket i sin tur inverkar på någon annan avdelnings värmeförbrukning. Sådana indirekta effekter är viktiga att ta med i bedömningen för åtgärden.

Ett typiskt exempel på detta är när ett satsvist (äldre) kokeri byts ut mot t.ex. ett kontinuerligt kokeri. Med det satsvisa kokeriet producerades mycket hetvatten genom värmeåtervinning, vilket i det kontinuerliga kokeriet är närmast halverat.

Vid elbesparingar kan det vara befogat att beakta den indirekta effekten av att elanvändningen oftast blir värme. Speciellt är detta påtagligt när det gäller elförbrukning till matarvattenpumpar. Samma sak gäller elförbrukning vid t.ex. TMP-raffinörer.

4.6 Riktlinjer för dokumentation av analysen

Alla studerade möjliga åtgärder för energieffektiviseringar resulterar inte i ett genomförande. Bedömningarna som gjorts angående möjliga åtgärder bör ändå dokumenteras för att eventuellt komma till användning vid förnyad prövning vid senare tillfälle.

Dokumentationen kan följa de riktlinjer som tas upp för eleffektiviseringarna inför PFE, vilka kan anpassas för användning av värme-, el- och bränsleeffektiviseringar, se avsnitt 5.3.

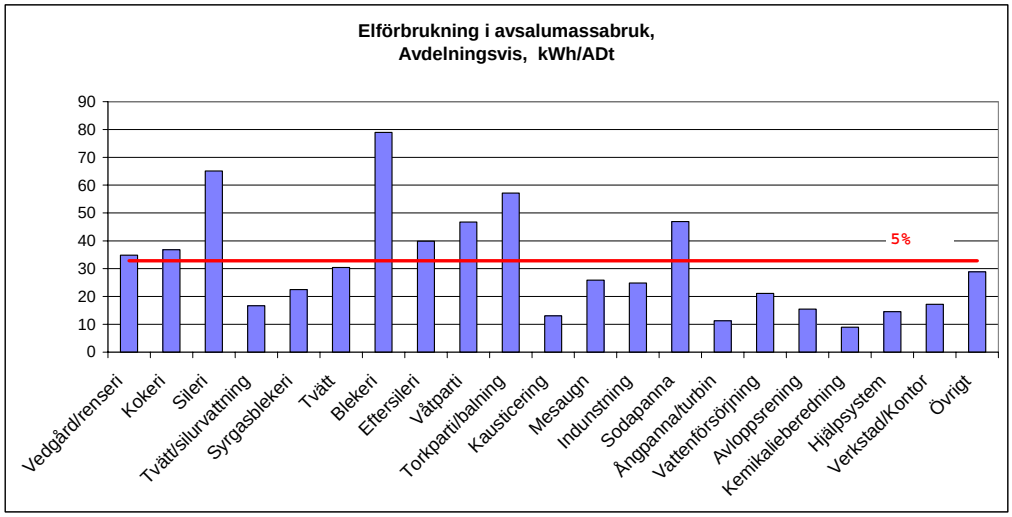
5 Identifiering och utvärdering av eleffektiviseringar

5.1 Riktlinjer för tillvägagångssätt; grovgallring/mätningar/utsållning/detaljstudier

Det finns otaliga positioner på bruket som förbrukar el. Att analysera alla dessa positioner i detalj är orimligt och man bör istället sålla ut objekt som kan leda till betydande eleffektiviseringar. Man bör sträva efter att få fram förbrukningar på avdelningsnivå och sedan bryta ner vidare i delposter där man tror att det finns potential för elbesparingar. Förslag på arbetsgång för att gallra och analysera:

1. Jämförelse på avdelningsnivå

Det är lämpligt att utgå från de i kartläggningen framtagna elförbrukningarna avdelningsvis per ton produkt, se exempel i **Figur 6** nedan.



Figur 6. Avdelningsvis fördelning av elförbrukning; grundat på mätvärden vid jämn produktion under ca en vecka

Figure 6. Electric power consumption by mill area; based on measurements with a continuous production for about one week

En del fabriker har möjlighet att göra denna typ av indelning utifrån tillgänglig mätdata. Om det inte finns tillgänglig information om elförbrukning avdelningsvis kan den trots osäkerheten ändå skattas. Den installerade effekten fastställs för en avdelning och sägs schablonmässigt ha en utnyttjandegrad på 75 %. Ett annat exempel kan vara att mätdata från ett ställverk inkluderar el till två avdelningar. Då kan fördelningen mellan avdelningarna uppskattas utifrån t.ex. installerad effekt.

När bästa uppskattning av specifika avdelningsvisa förbrukningar erhållits bör dessa jämföras med motsvarande elförbrukningar för systerbruk eller KAM/FRAM/BAT

referensfabriker. Detta för att göra en grovsållning och få en uppfattning om i vilka avdelningar man har en eventuell ”utstickande” hög elförbrukning.

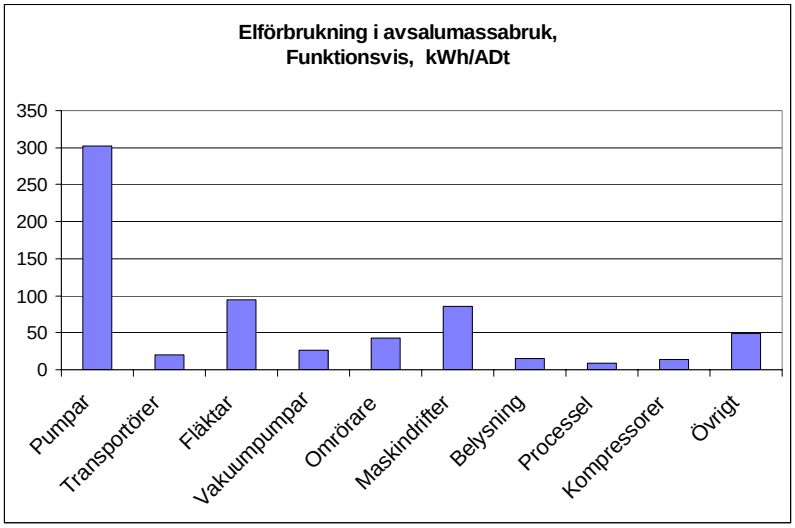
2. Identifiera enskilda förbrukare

För varje avdelning som visar sig ha hög elförbrukning i jämförelse med referensvärden bör man sedan lista de största förbrukarna (motor/maskin). Utöver avdelningar med hög förbrukning ska avdelningar/delprocesser med större än 5 % av den totala förbrukningen enligt PFE analyseras närmare. Listning av större förbrukare kan även här vara en inledning till analysen.

Exempel på objekt där det kan finnas potential för besparingar kan vara:

- Trycklufts- och vakuumsystem
- Blåsmaskiner för flis etc.
- Stora pumpar för vatten/avlopp
- Pumpar för varierande flöden (som inte redan är varvtalsreglerade)
- Pumpar med strypta reglerventiler
- Objekt i avdelning med ändrade driftförhållanden
- Ventilationsfläktar
- Kylaggregat/system
- Elvärme

Som information har **Figur 7** nedan inkluderats för att ge en uppfattning om hur elförbrukningen kan fördela sig på olika funktioner för i detta fall ett avsalumassabruk.



Figur 7. Funktionsvis fördelning av elförbrukning för samma mätning som i Fig. 6

Figure 7. Electric power consumption by function; for the same measurements made in Figure 6

För de listade objekten bör man sedan ställa sig frågor enligt kapitel 4.3.1 och 4.3.2 samt enligt checklistorna för pumpsystem, omrörare och fläktar i **Bilagorna 10.17** till

10.19, t.ex. behövs pumpen? Skulle varvtalsreglering minska elförbrukningen i denna position? Etc.

En sådan första grovgallring bland möjliga objekt kan bl.a. göras med hjälp av:

- Driftingenjörers/operatörers erfarenheter och synpunkter
- Studier av objektets funktion med hänsyn till processcheman/driftsätt

3. Teknisk och ekonomisk rimlighetsbedömning

Listan på större förbrukare kan bli lång. Ett första steg i att sålla fram intressanta objekt är att göra en rimlighetsbedömning. Det kan t.ex. vara uppenbart att man med rimlig ekonomi inte kan realisera en viss åtgärd. För detta kan krävas ett enklare mått på effektförbrukningen; t.ex. bedömning på grundval av strömförbrukning eller effektmätning under kortare tid.

Bedömningsgrunderna vid grovsållningen för att sålla ut ointressanta objekt ska enligt PFE dokumenteras (för att kunna nyttjas vid eventuell förnyad utvärdering).

4. Teknisk och ekonomisk kvantifiering av konkreta åtgärder

För ett antal objekt där man bedömer att det finns en potential för elbesparing kan det bli nödvändigt att göra mer omfattande effektmätningar. För pumpar kan även tryckmätningar samt flödesmätningar vara behövligt i den mån inte sådan information kan fås från existerande övervakningssystem.

Om det finns multipla utrustningar som har samma funktion, kapacitet och belastning, kan det vara tillräckligt att mäta effekten på en position och sedan anta att förbrukningarna är i samma storleksordning för de övriga positionerna.

Mer detaljerade studier kan i vissa fall vara nödvändiga för att få fram ett underlag som tekniskt och ekonomiskt går att utvärdera med en relativt god säkerhet.

5.2 Definition och kostnadsbedömning av potentiella åtgärder

För de listade positioner där man har dragit slutsatsen att en sänkning av elförbrukningen skulle vara möjlig om åtgärder vidtas skall en kostnadsbedömning göras. Nedan är två exempel för hur en sådan analys kan se ut. Notera att detta är exempel och att kostnadsdata etc. kan variera kraftigt.

Det elpris som ska användas i åtgärdsförteckningen ska beräknas utifrån företagets genomsnittliga elpris under de tolv månader som föregår åtgärdsförteckningens fastställande. Vidare ska den extra elskatten på 0.5 öre/kWh inkluderas i det elpris som används i åtgärdsförteckningen, trots att företaget är med i PFE och således inte betalar någon sådan skatt.

När man beräknar sitt genomsnittliga elpris bör det baseras på de rörliga delarna i elpriset, så att det speglar den besparingspotential en viss åtgärd skulle medföra.

Exempel 1 – Pump, överdimensionerad:

En vattenpump misstänks vara överdimensionerad, främst p.g.a. nyligen gjorda vattenbesparande åtgärder. Man vet flödet genom pumpen och att det är relativt jämnt. För att kontrollera om pumpen förbrukar mer el än den borde görs en eleffektmätning.

Flöde: ~170 l/s
Statisk höjd: ~30 m
Uppskattade friktionsförluster i rör etc.: ~2 m
Friktionsförlust över reglerventil: ~5m
Uppmätt effekt: 120 kW (till motor)

Teoretisk erfordrlig axeleffekt vid 100 % verkningsgrad för pumpen beräknas enligt: $P_{axel}=q*\rho*g*H$*, där*
P_{axel} *= axeleffekt (W)*
q *= volymflöde* (m^3/s)
ρ *= vätskans densitet* (kg/m^3)
g *= jordaccelerationen* (m/s^2)
H *= pumpens uppfordringshöjd vid aktuellt flöde*

$P_{axel,\ teor} = 0.170 * 1000 * 9.82 * (30 + 2 + 5) / 1000 = 62$ *kW*

Beräknad totalverkningsgrad, $\eta_{tot} = 62 / 120 * 100 = 52$ *%, där* $\eta_{tot} = \eta_{pump}*\eta_{motor}$

Antag en motorverkningsgrad, η_{motor}*, på 95 %. Detta ger en pumpverkningsgrad,*
$\eta_{pump} = 0.52 / 0.95 = 0.55$ *eller 55 %*

För att få upp verkningsgraden är ett alternativ att köpa en mindre pump samt motor. Detta skulle kunna ge en pumpverkningsgrad på ca 75 %. Motorverkningsgraden antas vara oförändrad, 95 %. Totalverkningsgraden antas då kunna ökas till $\eta_{tot} = 0.75 * 0.95 = 0.71$ *eller 71 %. Detta skulle innebära en motoreffekt på 62 / 0.71 = 87 kW jmf med dagens 120 kW.*

Totala investeringen för att installera en ny pump samt motor bedöms till:

Ny pump + motor:	*150 kSEK*
Fundament	*20 kSEK*
Demontage- montage	*40 kSEK*
Rörinstallation	*60 kSEK*
Elinstallation	*40 kSEK*
Oförutsett	*80 kSEK*
Totalt	*390 kSEK*

Antag 355 driftdagar och 90 % fabrikstillgänglighet, samt ett elpris på 255 SEK/MWh.

*Besparingen kan då beräknas till: (120 – 87) * 24 * 355 * 0.90 / 1000 * 255 = 65 kSEK/år*

Detta motsvarar en återbetalningstid på 390 kSEK / 65 kSEK = 6 år.

Exempel 2 – Pumpning till förbrukare med olika tryckbehov:

En hetvattenpump distribuerar vatten till tre förbrukare med följande flöde och tryckbehov:

- *Torkmaskin ~50 l/s, 40 m*
- *Blekeri ~90 l/s, 35 m*
- *Kausticering ~10 l/s, 60 m*

Pumpen pumpar alltså hela flödet, 150 l/s, upp till 60 m tryck.

En åtgärd skulle i detta fall kunna vara att installera en boosterpump på flödet till kausticeringen. Vidare kan man svarva av pumphjulet på befintlig hetvattenpump så att den pumpar upp till ca 40 m istället för 60 m.

Totalverkningsgraden för hetvattenpumpen antas vara 70 % i båda driftfallen.

Man skulle då undvika att pumpa hetvatten till torkmaskin och blekeri, 140 l/s, med onödigt högt tryck. Potentiell elbesparing kan då beräknas enligt följande:

$P_{motor} = (q_{torkmaskin} + q_{blekeri})*\rho*g*H_{diff} / \eta_{tot} = (0.05 + 0.09) * 1000 * 9.82 * (60 – 40) / 0.70 / 1000 = 39\ kW$

Antag 355 driftdagar och 90 % fabrikstillgänglighet, samt ett elpris på 255 SEK/MWh.

*Besparingen kan då beräknas till: 39 * 24 * 355 * 0.90 / 1000 * 255 = 76 kSEK/år*

Investeringskostnaden för den nya boosterpumpen uppskattas till:

Ny boosterpump + motor	*30 kSEK*
Fundament	*10 kSEK*
Montage	*20 kSEK*
Rörinstallation	*40 kSEK*
Elinstallation	*30 kSEK*
Oförutsett	*30 kSEK*
Totalt	*160 kSEK*

Utöver detta tillkommer en kostnad för avsvarvning av pumphjul. Den bedöms till ca 15 kSEK.

Återbetalningstiden uppskattas då till (160 kSEK + 15 kSEK) / 76 kSEK = 2.3 år

5.3 Riktlinjer för dokumentation, tillvägagångssätt och resultat

Alla steg i gallringsfasen bör dokumenteras ordentligt, även de åtgärder som identifierats men sedan gallrats bort bör listas och dokumenteras. Eventuellt kan dessa bli aktuella att genomföra vid ett senare tillfälle.

Dokumentationen bör innehålla åtminstone följande:

- Avdelning och typ av utrustning som avses.
- Kort funktionsbeskrivning av utrustningen.
- Har checklistan gåtts igenom?
- Problem och möjlig åtgärd.
- Bedömd elförbrukning idag och efter åtgärd.
- Minskad elkostnad.

- Bedömd investering.
- Beräknad rak återbetalningstid.

I **Bilaga 10.25** finns ett exempel på hur en förteckning över identifierade potentiella elbesparande åtgärder som har framkommit under kartläggningen och analysen skulle kunna se ut. Syftet med denna är att internt administrera och prioritera potentiella åtgärder.

Andra aspekter som kan dokumenteras:

- Säkerheten i bedömningen av elbesparingspotentialen.
- Bedömd förändring av användning av övriga energiprodukter.
- Bedömd förändring av övriga kostnader än elkostnad.
- Eventuella nödvändiga förutsättningar för att åtgärden ska vara genomförbar.
- Skäl till varför en åtgärd sållats bort.

5.4 Riktlinjer för dokumentation av projekterade åtgärder (återbetalningstid < 3 år)

Följande skall dokumenteras i en åtgärdsförteckning för åtgärder med återbetalningstid mindre än 3 år. Denna skall redovisas för tillsynsmyndigheten. Se avsnitt 1.3.2 för en mer detaljerad beskrivning.

- Beskrivning av hur varje åtgärd beräknas medföra en effektivisering av elanvändningen.
- Varje åtgärd skall förses med en företagsunik identifikationskod.
- För varje åtgärd skall anges följande uppgifter avseende åtgärdens konsekvenser:
    a) Uppskattad årlig minskning av elanvändning och kostnader för el
    b) Uppskattad årlig förändring av användning av andra energiprodukter än el.
    c) Beräknad investeringskostnad.
    d) Uppskattad förändring av övriga kostnader angivet i kronor per år.
    e) Beräknad återbetalningstid.
    f) Planerad tidpunkt för genomförande.

Se **Bilaga 10.26** för exempel på åtgärdförteckning.

Förutom ovannämnda punkter skall i dokumentationen även ingå uppskattad ökad eleffektivitet, i slutet av den aktuella programperioden, av de åtgärder som angivits i åtgärdsförteckningen.

6 Sammanställning av erforderlig dokumentation för PFE

Exakt vilka uppgifter som kommer att efterfrågas av tillsynsmyndigheten för PFE, är i dagsläget inte bestämt. För den utökade kartläggning och analysen krävs följande dokumentation som kommer att vara underlag för redovisningen.

1. **Anläggningsbeskrivning**

   Beskrivningen föreslås göras i form av blockdiagram som visar huvudsakliga produktionsavdelningar och tillverkade produkter samt volymer.

   - För Kemmassabruket se **Bilaga 10.11**
   - För Mekmassabruket se **Bilaga 10.14**

   Se för övrigt avsnitt 2.2 för vilka uppgifter som efterfrågas.

2. **Energibalanser på kort sikt**

   Energibalanserna ska gälla för förhållandena vid programperiodens slut och redovisas lämpligen i diagramform. Balanserna, som föreslås redovisas i form av blockdiagram för ingående avdelningar/processer, delas upp i två delar; en som visar anläggningens energitillförsel och energiomvandling och en som visar hur energins används i avdelningarna/delprocesserna uppdelat på värme, el och eventuella direktanvända bränslen.

   - För Kemmassabruket visas detta i **Bilaga 10.12** respektive **10.13**
   - För Mekmassabruket visas detta i **Bilaga 10.15** respektive **10.16**

3. **Åtgärdslista på åtaganden för eleffektivisering**

   Sökandet efter möjliga åtgärder ska dokumenteras, vilket ges exempel på i avsnitt 5.3. Funna möjliga åtgärder med återbetalningstid < 3 år ska medtagas på listan. Riktlinjer för hantering och vad som ska dokumenteras ges i avsnitt 5.4.

Vidare skall analyser dokumenteras beträffande:

- **Betydande variationer i energianvändningen.** Exempel på vad som kan redovisas anges i avsnitt 3.2.
- **Betydande energianvändning för avdelningar/delprocesser med större än 5 % av total tillförsel.** Redovisningen ska göras för varje energislag för sig. Exempel på hur den kan utformas ges i avsnitt 3.4.

Oavsett vilken redovisning som kommer att efterfrågas av Energimyndigheten, så är det viktigt att kartläggningen och analysen dokumenteras för eget fortsatt bruk och för vid behov kunna uppvisas för Energimyndigheten.

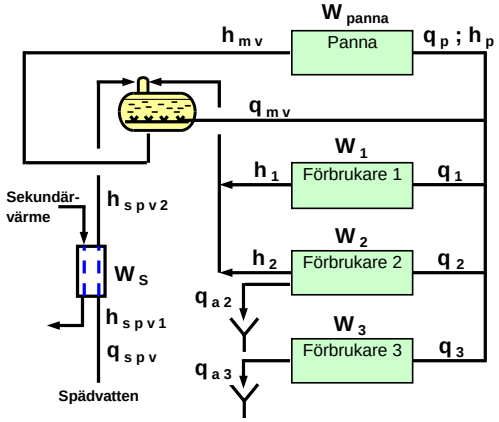
7 Beräkning och redovisning av värmeförbrukning/ -produktion

Till grund för värmebalansen ligger uppmätta flöden av ånga, kondensat och matarvatten samt dess energiinnehåll, genom olika tillståndsstorheter som tryck och temperatur.

Följande avsnitt ger riktlinjer för vilka data som behövs som underlag till värmebalansen och hur de ska hanteras för beräkning av värmeförbrukning och värmeproduktion.

7.1 Beräkning och redovisning av ångförbrukares värmeförbrukning

Som energiinnehåll för all ånga som distribueras i ett ångnät till förbrukare används samma entalpi, vilket erhålls av tryck och temperatur på ångstammen för aktuellt ångnät. Även om tryck eller temperatur vid mätstället är annorlunda än vid förbrukaren, används samma entalpi. Eventuell värmeförlust i distributionen kommer härvid att påföras ångförbrukaren.



Figur 8. Olika förekommande värmeförbrukare, förbrukare 1, 2 eller 3

Figure 8. Different heat consumers

Ångförbrukare kan beskrivas som förbrukare 1 i **Figur 8**; där hela mängden ånga returneras som kondensat tillbaka till ÅC. Värmeförbrukningen beräknas då enligt:

$$W_1 = q_1 * (h_p - h_1) \text{ kW, med q i kg/s och h i kJ/kg}$$

För ångförbrukare 3, vilken inte returnerar något kondensat, måste det förlorade kondensatet ersättas med spädvatten. Värmeförbrukningen beräknas då enligt:

$$W_3 = q_3 * (h_p - h_{spv1}) \text{ eller}$$

$$W_3 = q_3 * (h_p - h_{spv2})$$

I det första fallet beräknas värmeförbrukningen över kallvattnets entalpi, h_{spv1}, då kommer sekundärvärmet, som används att förvärma spädvattnet att behöva tas upp på produktionssidan i värmebalansen. Om man väljer att använda entalpin på spädvattnet efter värmeväxlaren, h_{spv2}, behöver man inte visa sekundärvärmet på produktionssidan.

Det rekommenderas att göra enligt det tidigare, d.v.s. att redovisa värmeförbrukningen över kallvattnets entalpi. Återvunnet sekundärvärme för spädvattenförvärmning kommer då att vara en post i värmebalansens produktionssida. Sekundärvärme kan också tillföras ång- och kondensatsystemet på andra sätt, se avsnitt 7.6 .

Ångförbrukare 2 är en kombination av förbrukare 1 och 2 och beräknas enligt:

$$W_2 = (q_2 - q_{a2}) * (h_p - h_2) + q_{a2} * (h_p - h_{spv1}) \quad \text{eller}$$

$$W_2 = q_2 * (h_p - h_2) + q_{a2} * (h_2 - h_{spv1})$$

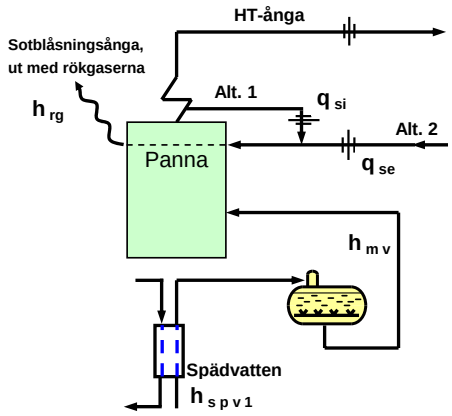
Genom att beräkna värmeförbrukningen för ångförbrukare med hänsyn till hur kondensatet returneras, beräknas just det värme som försvinner ut ur ång- och kondensatsystemet. Följaktligen medför ångan som tillförs mavatanken ingen värmeförbrukning, eftersom den redan har bokförts på ångförbrukaren. För ånga som ventileras ut från tanken genom avgasningen uppkommer det däremot en värmeförbrukning. Normalt kondenseras ångan mot inkommande spädvatten. Värmeförbrukningen blir det som lämnar systemet, d.v.s. massflödet multiplicerat med skillnaden i entalpi mellan kondensatet efter värmeväxlingen och ersättande spädvatten efter sekundärvärmeförvärmningen,

$$W_{avgasn} = q_{avgasn} * (h_{avgasn.\ eft.\ vvx} - h_{spv1})$$

För att kontrollera rimligheten i redovisade kondensatförluster för ångförbrukarna bör de summerade redovisade förlusterna stämmas av mot det totala intaget av spädvatten.

7.2 Beräkning och redovisning av värmeförbrukning vid sotning

Uppgifter som behövs för beräkning av värmeförbrukningen vid sotning framgår av **Figur 9**. Sotångan kan tas ut internt, alt 1, eller tillföras från extern källa, alt 2.



Figur 9. Uppgifter för beräkning av värmeförbrukning vid användning av sotånga

Figure 9. Data for calculation of heat consumption with soot blowing

Sotångan, som försvinner ut med rökgaserna, måste ersättas med lika mycket spädvatten. Sotångans värmeinnehåll vid tillförseln är normalt högre än ångans värmeinnehåll när den går ut med rökgaserna. Skillnaden blir ett tillskott till pannans värmeproduktion. Genom att använda ångans värmeinnehåll i rökgaserna vid beräkningen tar man hänsyn till detta.

$W = q_{si} * (h_{rg} - h_{spv1})$ i alt. 1 med intern ånga eller

$W = q_{se} * (h_{rg} - h_{spv1})$ i alt. 2 med extern ånga

Där $h_{rg} = 2\,502 + t_{rg} * c_{pm\ ånga}\ (0, t_{rg}) * 22.4 / 18$ kJ/kg

Hur sotångan hanteras för värmeproduktionen visas i avsnitt 7.6.

7.3 Beräkning och redovisning av värmeförbrukning vid bottenblåsning

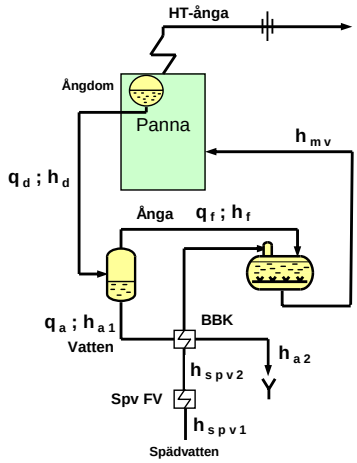
Det heta vattnet från domen vid bottenblåsningen flashas normalt mot ångnätet och/eller mavatanken, se **Figur 10**. Vattenflödet efter flashningen medför kondensatförlust som i sin tur kommer att medföra en värmeförbrukning, genom att värme försvinner ut ur ång- och kondensatsystemet. Normalt finns också en värmeåtervinning (bottenblåsningskylare, BBK) på det utgående vattenflödet genom värmeväxling mot inkommande spädvatten. Det minskar temperaturen på det bottenblåsta vattnet som försvinner ut ur systemet och därmed värmeförbrukningen för bottenblåsningen.

Med beteckningarna enligt figuren blir värmeförbrukningen

$W = q_a * (h_{a2} - h_{spv1})$ med bottenblåsningskylare eller

$W = q_a * (h_{a1} - h_{spv1})$ utan bottenblåsningskylare

Om inte flödesmätning finns för bottenblåst vatten kan flödet beräknas utifrån vattenanalyser. Med totalavsaltning är behovet av bottenblåsning lågt, vilket tillsammans med flashning och BBK normalt leder till att värmeförbrukningen praktiskt taget är försumbar.



$$q_f = q_d \times \frac{(h_d - h_{a1})}{(h_f - h_{a1})}$$

Figur 10. Uppgifter för beräkning av värmeförbrukning vid bottenblåsning

Figure 10. Data for calculation of heat consumption with continuous blow down

Värmeförbrukningen beräknas enligt:

$$W = q_d * (1 - q_f / q_d) * (h_{a2} - h_{spv1})$$

Hur bottenblåst vatten hanteras för värmeproduktion visas i avsnitt 7.6**.**

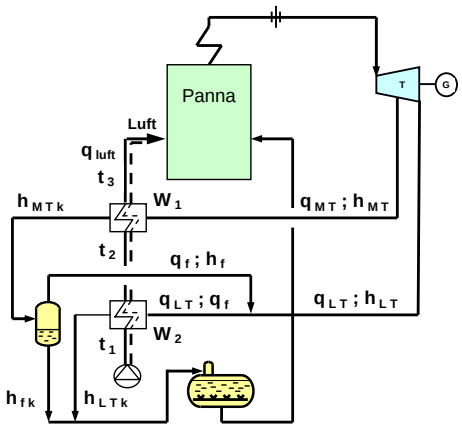
I fabriker utan totalavsaltning kan bottenblåsningsflödet vara stort, vilket får stor betydelse för värmebalansen.

7.4 Beräkning och redovisning av värmeförbrukning vid luftförvärmning (med ånga)

Syftet med luftförvärmning med ånga (se **Figur 11**) är att öka elproduktionen i turbinen. Detta uppnås genom att den ökade värmetillförseln med luften genererar mer HT-ånga ut från pannan, vilket genom det ökade ångflödet ger ökad elproduktion i turbinen. Inget värme försvinner ut ur ång- och kondensatsystemet, varför ångflödet till luftförvärmningen inte medför någon värmeförbrukning.

Ångflöden (med 100 % kondensatåterföring) för luftförvärmning till panna får värmeförbrukningen noll, d.v.s. behöver inte tas med som värmeförbrukare på förbrukarsidan i värmebalansen.

Eftersom värmet som tillförs luften kommer att ingå i värmeproduktionen med HT-ångan behövs information om värmetillförseln vid beräkning av värmeproduktionen från pannan, vilket behandlas i avsnitt 7.6.



Figur 11. Uppgifter för redovisning av värme vid luftförvärmning med ånga; uppgifter på luftsidan alternativt på ånga- och kondensatsidan

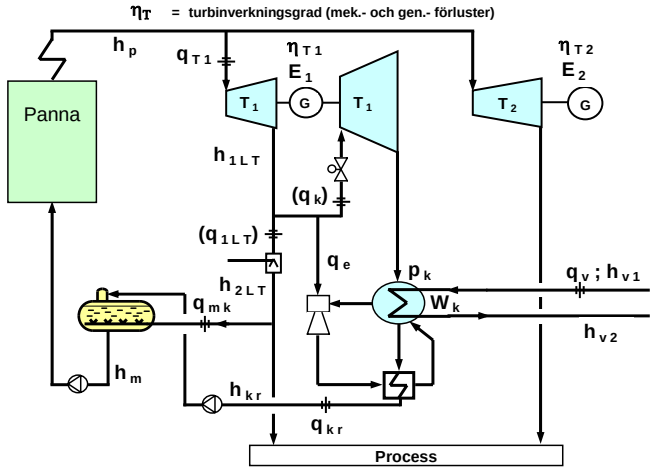
Figure 11. Data for calculation of heat consumption air preheating with steam; based on air flows or steam and condensate data

7.5 Beräkning och redovisning av värmeförbrukning vid elproduktion

Vanligast är elproduktion genom mottryckskraft. Vid denna är det ångvärme-förbrukningen efter turbinen som är förutsättning för elproduktionen, ju lägre mottryck desto mer energi tas ut ur ångan som strömmar genom turbinen och desto mer elproduktion erhålls. På grund av att ångvärmet efter turbinen nyttiggörs uppstår inga andra förluster än mekaniska (lagerförluster, växellåda) och elektriska (i generatorn), vilket medför att producerad el genom mottryckskraft får en mycket hög verkningsgrad (η_T) vid omvandlingen från värme till el. Turbinverkningsgraden, som kan erhållas från turbinens tekniska data, varierar mellan 0.93 till 0.975. Den högre verkningsgraden gäller för större och modernare turbin (utan växellåda). Verkningsgraden varierar något med lasten på turbinen.

I fabriker med större ångöverskott kan det förekomma elproduktion genom kondenskraft.

I **Figur 12** visas en mottrycks- och kondenssvansturbin (T_1) samt en mottrycksturbin (T_2), med respektive elproduktion E_1 och E_2. Turbinerna kan ha avtappningar av ånga till andra ångnät än mottrycksnätet, men detta visas inte i figuren. Nödvändiga uppgifter för redovisning av energiförhållandena för mottryckskraft respektive kondenskraft framgår av figuren.



Figur 12. Uppgifter för redovisning av värmeförbrukning med mottrycksturbin (T_2) och med mottryck- och kondenskraftproduktion (T_1)

Figure 12. Data for calculation of heat consumption in back-pressure turbine (T_2) and in extraction/condensing turbine (T_1)

Värmeförbrukningen vid mottrycksproduktion är:

$$W_{\text{mottryck T2}} = E_2 / \eta_{T2}$$

Värmeförbrukning för turbin med kondenskraftproduktion, turbin T_1 (för både mottryck- och kondenskraftproduktion), måste inkludera värmet som förs bort med kylvattnet till kondensorn:

$$W_{T1} = E_1 / \eta_{T1} + W_k = E_1 / \eta_{T1} + q_v * (h_{v2} - h_{v1}) =$$

$$= q_{kr} * (h_P - h_{kr}) + q_{1LT} * (h_P - h_{1LT})$$

Värmeförbrukningen i kondensorn kan beräknas med uppgifter om kylvattenflöde och vattentemperaturer in/ut. Redovisning på detta sätt visar inte hur mycket el som gjorts som mottryckskraft eller som kondenskraft och inte heller hur mycket värme som använts för det ena eller andra kraftslaget. För detta krävs en mer komplicerad beräkning.

Med beteckningar enligt **Figur 12** för flöden som normalt mäts och övriga uppgifter som indirekt kan fås genom mätvärden, kan elproduktionen för kondenskraft beräknas enligt följande:

$$E_{\text{kondenskraft}} = E_1 - (q_{1LT} - q'_{mk}) * (h_p - h_{1LT}) * \eta_{T1} \text{ , där}$$

$q'_{mk} = q_{kr} * (h_m - h_{kr}) / (h_{1LT} - h_m)$; q'_{mk} är del av q_{mk} som rör flödet q_{kr}

Värmeförbrukningen i själva kondensorn är:

$$W_k = q_{kr} * (h_P - h_{kr}) - E_1 / \eta_{T1} + q_{1LT} * (h_P - h_{1LT})$$

Värmeförbrukning för kondenskraftproduktion blir då

$$W_{kondenskraft} = E_k / \eta_{T1} + W_{kondensor} =$$

$$= q_{kr} * [(h_P - h_{kr}) + (h_m - h_{kr}) / (h_{1LT} - h_m) * (h_p - h_{1LT})]$$

Och värmeförbrukning för mottyckskraft i turbinen T1

$$W_{mottryckskraft} = (E_1 - E_k) / \eta_{T1} =$$

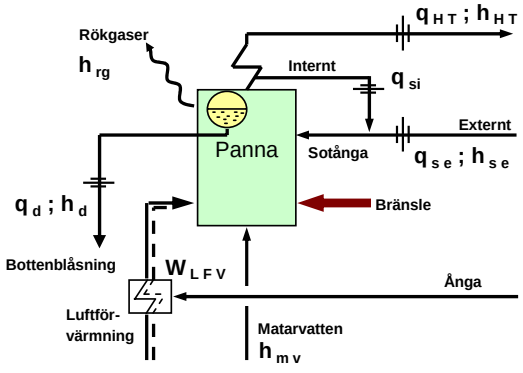
$$= [q_{1LT} - q_{kr} * (h_m - h_{kr}) / (h_{1LT} - h_m)] * (h_p - h_{1LT})$$

En förutsättning är för ovanstående beräkningar är att det inte förekommer några kondensatförluster vid kondenskraftproduktionen.

7.6 Beräkning och redovisning av värmeproduktion

Sammanlagd ångvärmeproduktion för anläggningen är utgångspunkt för ångvärmebalansen. Beräknad värmeproduktion utifrån uppmätt ångproduktion är mest noggrann. Dessutom finns möjlighet att stämma av värmeproduktionen med använda bränslemängder samt att stämma av ångflöden mot tillfört matarvatten.

Principen för värmeproduktionsberäkningen är att visad mängd ska ha sitt ursprung i avgivet värme från använda bränslen. **Figur 13** illustrerar pannan och nödvändiga uppgifter för beräkning av värmeproduktionen.



Figur 13. Uppgifter om panna för beräkning av värmeproduktion

Figure 13. Data for calculation of heat production

Värme från bränslet tas upp av producerad HT-ånga, sotånga (om internt producerad) och bottenblåst vatten enligt följande tabell som också visar beräkningen av bidragen

för respektive post. Tillförs värme externt genom luftförvärmning med ånga ska detta dras av från beräknat, producerat värme med HT-ånga, eftersom värmet inte härrör från bränslet. Tillförs pannan sotånga från extern källa tillförs energi utifrån genom skillnaden mellan entalpin i tillförd ånga och entalpin för ångan i rökgaserna. Det senare värmebidraget blir oftast en negativ post (fast liten).

Entalpin för matarvattnet till pannan ska vara entalpin efter mavapumpen (h_{mv}). Speciellt vid högre ångtryck fås ett icke försumbart energitillskott på grund av pumpen. Använder man entalpin efter mavatanken (h_m), d.v.s. före pumpen, kommer uppoffrad energi i pumpen att ingå i beräknad värmeproduktion från bränslet utifrån ångmätningen. Detta leder till överskattad värmeproduktion från bränslet. Använder man entalpin på vattnet före pumpen, d.v.s. entalpin på vattnet efter mavatanken, bör man dra av energitillskottet från pumpningen i beräkningen av nyttigt värme från bränslet, där pumpenergin beräknas enligt:

$$W_{pump} = (q_{HT} + q_d + q_{si}) * (h_{mv} - h_m)$$

Värmeproduktionen från bränslen beräknas enligt **Tabell 36**.

Tabell 36. Beräkning av värmeproduktion från tillförda bränslen

Poster i beräkningen:	**Beräkning av värmebidragen:**
Värme med HT-ånga	$q_{HT} * (h_{HT} - h_{mv})$
Värme med sotånga	$q_{si} * (h_{rg} - h_{mv})$, internt, alt. Q_{se} x $(h_{rg} - h_{se})$, externt
Värme med bottenblåst vatten	$q_d * (h_d - h_{mv})$
Värme fr. extern luftförvärmning	- W_{LFV}; luftflöde x $c_{p\ luft}$ x Δt alt. Ångflöde x Δh
Nyttigt värme fr. bränsle	W_{Panna}

I redovisning av energi i ång- och kondensatsystem tas bara energi med som omsätts i systemet.

Om förbränningsluften tillförs värme från t.ex. ett hetvattensystem, vars energi har erhållits genom värmeåtervinning i fabrikens processer, kommer ång- och kondensat-systemet att tillföras sekundärvärme. Detta värme behandlas på samma sätt som värmetillförsel till förbränningsluften med extern ångtillförsel, d.v.s. ska dras av från beräknad värmeproduktion med HT-ånga. Dessutom kommer sekundärvärmemängden att behöva redovisas på produktionssidan i värmebalansen.

I redovisningen skiljs det på om en rökgasskylare i en panna används för att producera hetvatten för fabrikens varm- och hetvatten (sekundärvärme) eller om värmet återförs pannan genom luftförvärmning. I det senare fallet kan rökgaskylaren betraktas som en del av pannan, eftersom resultatet blir högre värmeproduktion från pannan, vilket kan uttryckas med högre verkningsgrad. Om värmet från kylaren inte återförs till ång- och kondensatsystemet behandlas källan som vilken annan sekundärvärmekälla. Indirekt blir resultatet lägre energibehov från ång- och kondensatsystem.

8 Litteraturreferenser

[1] ÅF; ”Handbok för elenergibesparing vid fläkttransport av gaser inom massa- och pappersindustrin”, SPCI meddelande nr 54, SPCI:s Elbespararingskommitté, Stockholm april 1989

[2] ÅF; ”Handbok för elenergibesparing vid omröring inom massa- och pappersindustrin”, SPCI meddelande nr 55, SPCI:s Elbespararingskommitté, Stockholm april 1989

[3] ÅF; ”Handbok för elenergibesparing vid pumpning av vätskor inom massa- och pappersindustrin”, SPCI meddelande nr 49, SPCI:s Elbespararingskommitté, Stockholm juni 1986

[4] Nygaard J, ÅF; “Energy audits in the pulp and paper industry”; information No 477-84, STU/IEA Stockholm mars 1984

[5] ÅF; ”Energikompendium för massa- och pappersindustrin”, SCPF/Sveriges Skogsindustriarbetarförbund, Stockholm 1984-1986

[6] Do; uppdaterad version (engelsk); ”Energy compendium”, SCPF/Sveriges Skogsindustriarbetarförbund, Stockholm 1991

[7] Jönsson S-E, Nygaard J, Wiberg R, samtliga ÅF, ”Modeller för energihushållning i massa- och papperstillverkning”; en serie kompendier med energieffektiva modellfabriker för blekt sulfatmassa, kraftliner, tidningspapper med TMP, finpapper, kartong och mjukpapper, SCPF, Stockholm 1975-1977

[8] KAM, Program för Kretsloppsanpassad massafabrik, MISTRA, juli 2003

[9] European Commission, “Reference document on best available techniques in the pulp and paper industry”, Council Directive 96/61/EC , □ecember 2001

[10] Statens energimyndighets författningssamling, Föreskrifter och allmänna råd om program för energieffektivisering, STEMFS 2004:7, december 2004.

[11] ”Handbok för kartläggning och analys av energianvändning – tips och råd från Energimyndigheten”, Energimyndigheten, december 2004

[12] SFS 2004:1196, ”Lag om program för energieffektivisering”, december 2004.

[13] SFS 1994:1776, ”Lag om skatt på energi”, december 1994

[14] Energiskattedirektivet 2003/96/EG, oktober 2003

[15] Wiberg R, ÅF; ”Energiförbrukning i massa- och pappersindustrin”, Skogsindustrierna, Stockholm augusti 2001.

9 Förkortningar

9.1 Storheter och enheter

a	Annum, år
ADt	Air dry ton, enhet för massa med 90 vikt-% torrhalt
bar(a)	Absoluttryck
bar(e)	Övertryck
C	Specifik värmekapacitet
d	Dygn
E	Elenergi
H	Värmevärde för bränsle
h	Entalpi
h	Hour, timme
I	Elektrisk ström
J	Joule, enhet för energi, omräkning: 1 GJ = 0,2778 MWh
kg	Kilogram
m	Meter
m^3	Kubikmeter, enhet för volym
P	Effekt
q	Flöde
s	Sekund
t	Ton, enhet för massa
U	Elektrisk spänning
W	Värmeenergi
W	Watt, enhet för effekt, omräkning: 1 MWh = 3,6 GJ
Wh	Wattimme, enhet för energi
^oC	Grader Celsius
ρ	Densitet
α	Alfavärde (nettogenererad el / processvärmeförbrukning)

9.2 Förkortningar

BAT	Best Available Techniques
BP	Barkpanna
DIP	Returfibermassa
ECF	Elementary chlorine free
FRAM	Framtida resursanpassad massafabrik
FV	Förvärmare
KAM	Kretsloppsanpassad massafabrik
MCR	Max continuous rate
m3fub	Kubikmeter, fast under bark
MWb	Megawatt bränsle
MWhb	Megawattimmar bränsle
MWe	Megawatt el
MWhe	Megawattimmar el
MWv	Megawatt värme
MWhv	Megawattimmar värme
m.å.	Mättad ånga
OP	Oljepanna
tavd	Ton avdunstat vatten
TCF	Totally chlorine free
TMP	Termomekanisk massa
tp	Ton papper

TS, ts	Torrsubstans
ÅC	Ångcentral

9.3 Ordlista för definitioner och begrepp i PFE

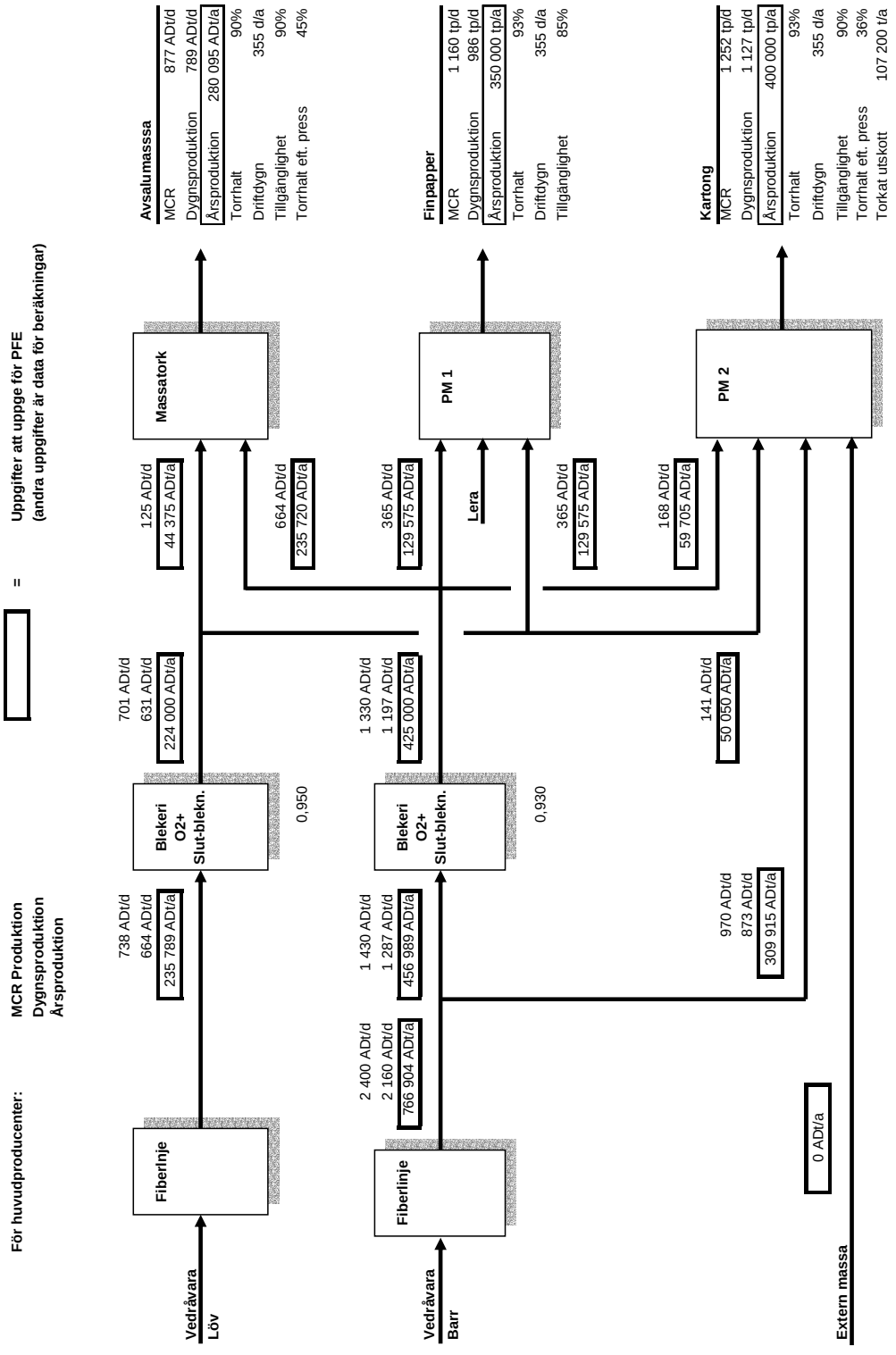
Arbetsställe	Varje adress, fastighet eller grupp av fastigheter som är geografiskt avgränsad och där företaget bedriver stadigvarande verksamhet och har anställd personal.
Bruttotillförd energi	Summan av inköpta och egenproducerade energiprodukter. Egenproducerade energiprodukter är energibärare som genererats i tillverkningsprocessen, t.ex. avlutar, bark, brännbara gaser samt ånga och hetvatten från reaktionsvärme. Ytterligare energiomvandling av dessa energibärare, exempelvis el och värme ingår ej i begreppet.
Hjälpsystem	De system som hör till tillverkningsprocessen. Hjälpsystem kan utgöras av belysning och motordrivna system såsom fläktar, pumpar och annan utrustning som hör till den maskinella utrustning som har direkt eller indirekt betydelse för att produktionsprocessen ska fungera.
Nettotillförd energi	Bruttotillförd energi med avdrag för försålda energiprodukter.
Produktionsprocess	Tillverkande process i inskränkt bemärkelse, utgörande en del av tillverkningsprocessen.
System	En grupp av funktionellt sammanhörande utrustningar. Det kan t.ex. utgöras av tryck-, kyl och hetvattensystem.
Tillverkningsprocess	Produktionsprocess samt de hjälpsystem som hör till produktionsprocessen. Tillverkningsprocess har motsvarande innebörd såsom begreppet används i lagen (1994:1776) om skatt på energi.
Utrustning	Utrustning för både omvandling av energi och slutanvändning av energi. Utrustning för omvandling av energi kan avses t.ex. ång- och hetvattenpannor samt mottrycksanläggningar. Utrustning för slutanvändning kan vara utrustning för ett processavsnitt t.ex. en reaktor, ugn, kokare eller tork, liksom för ett användningsområde t.ex. pumpning, belysning eller kylning med kylmaskiner.

Begreppen; del av företag, företag som helhet, företagsdel och helt företag avser främst ansökan om deltagande i PFE.

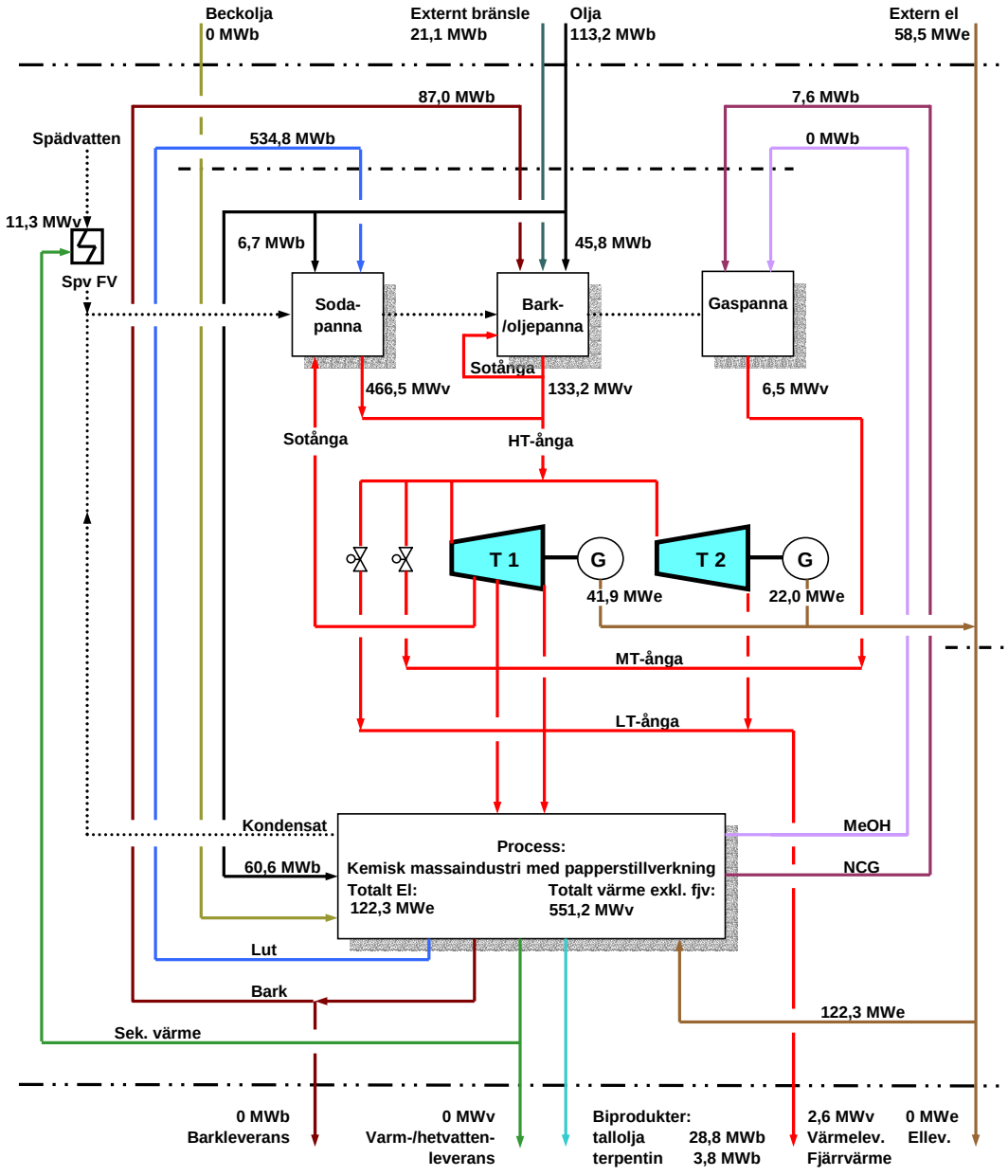
Del av företag	En del av ett företag som kan driva sin verksamhet självständigt och med egna medel enligt 2 § lagen om program för energieffektivisering.
Företag som helhet	Ett företag i sin helhet enligt 2 § lagen om program för energieffektivisering.
Företagsdel	En del av ett företag som kan driva sin verksamhet självständigt och med egna medel enligt 2 § lagen om program för energieffektivisering.
Helt företag	Ett företag i sin helhet enligt 2 § lagen om program för energieffektivisering.

10 Bilagor

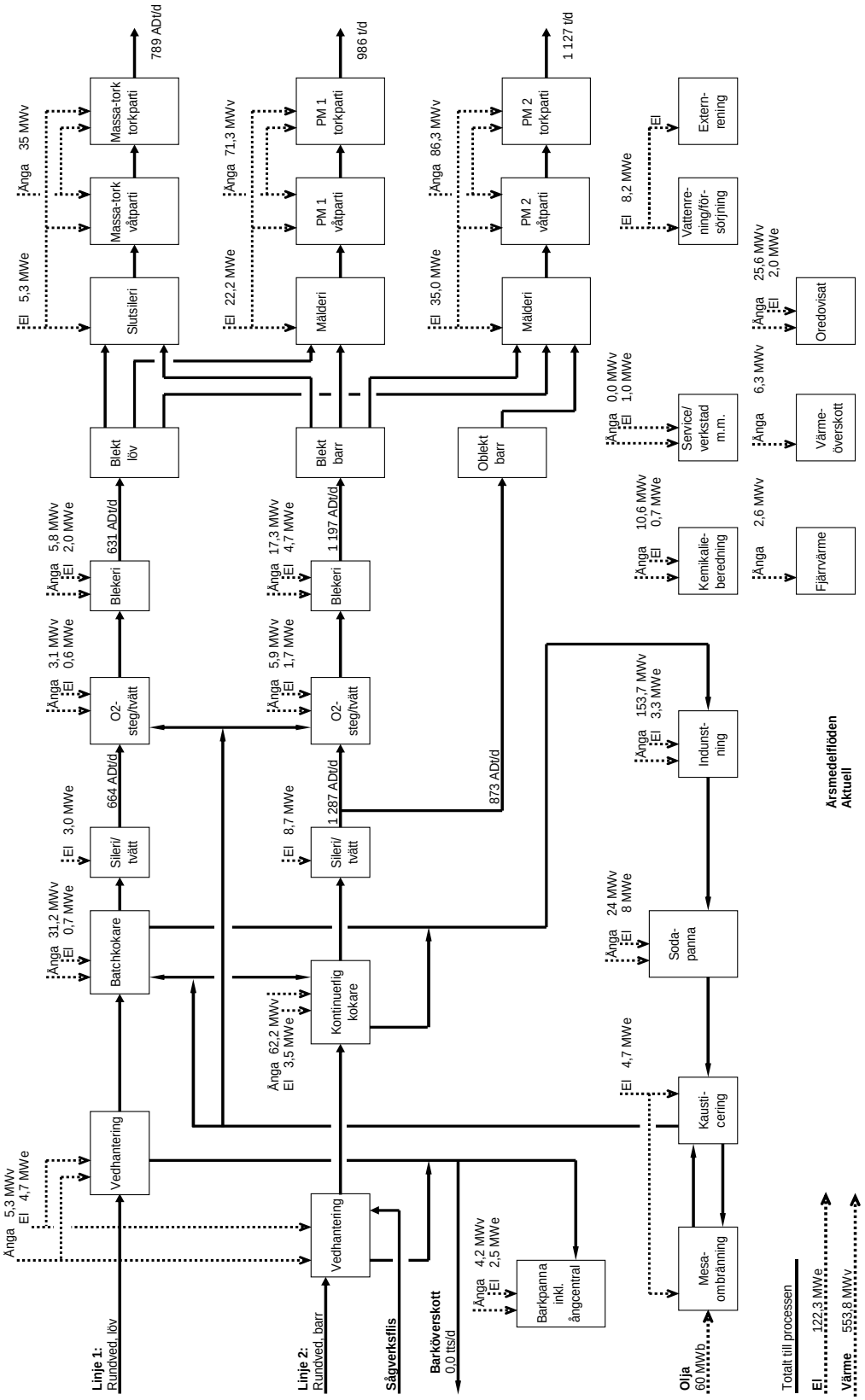
10.1 Kemmassabrukets produktionsdata



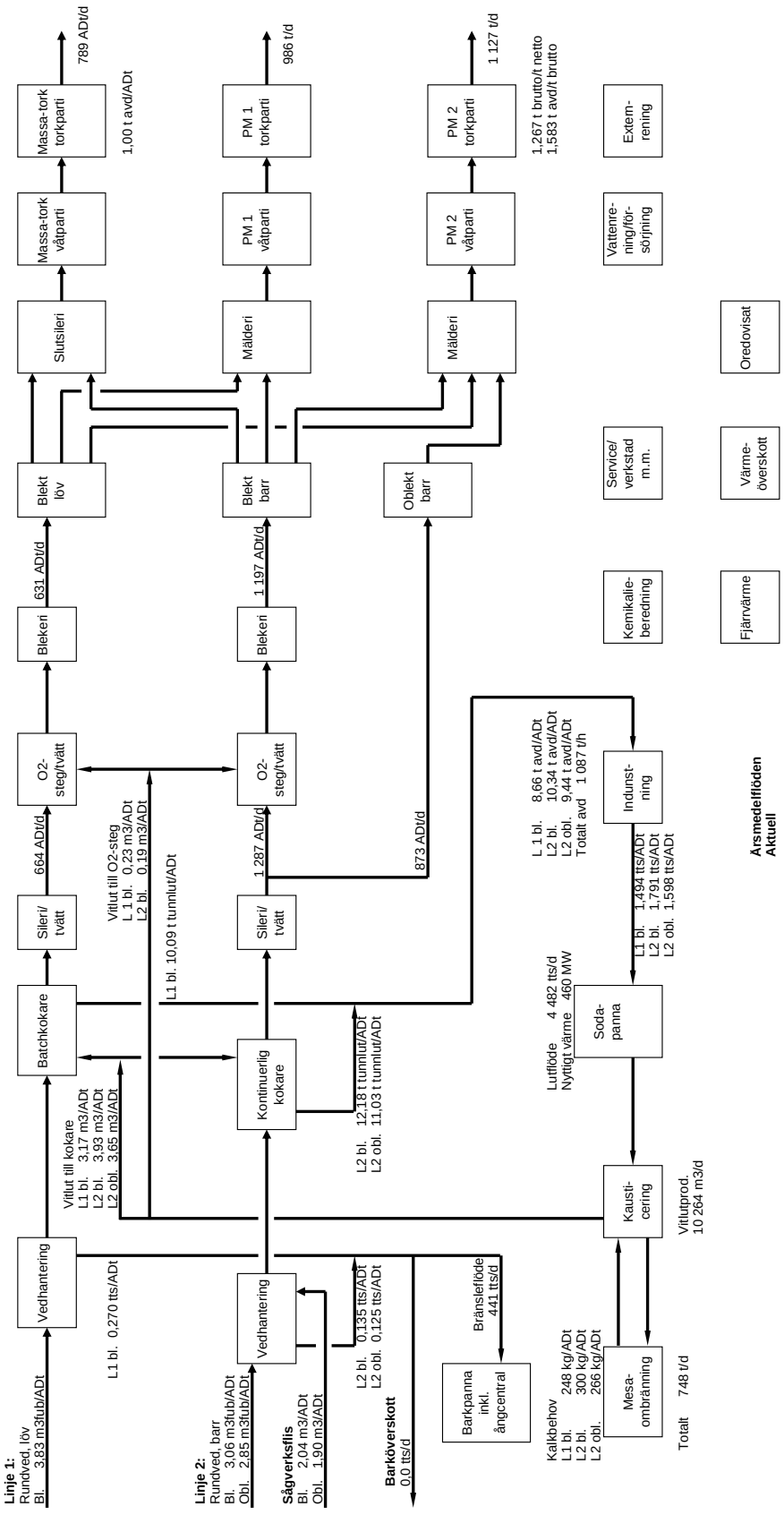
10.2 Kemmassabrukets tillförsel, omvandling och distribution av energi



10.3 Kemmassabrukets energianvändning



10.4 Kemmassabrukets produktionsnyckeltal



10.5 Indata för kemmassabruket

Indata för energikartläggning
Kemmassabruket

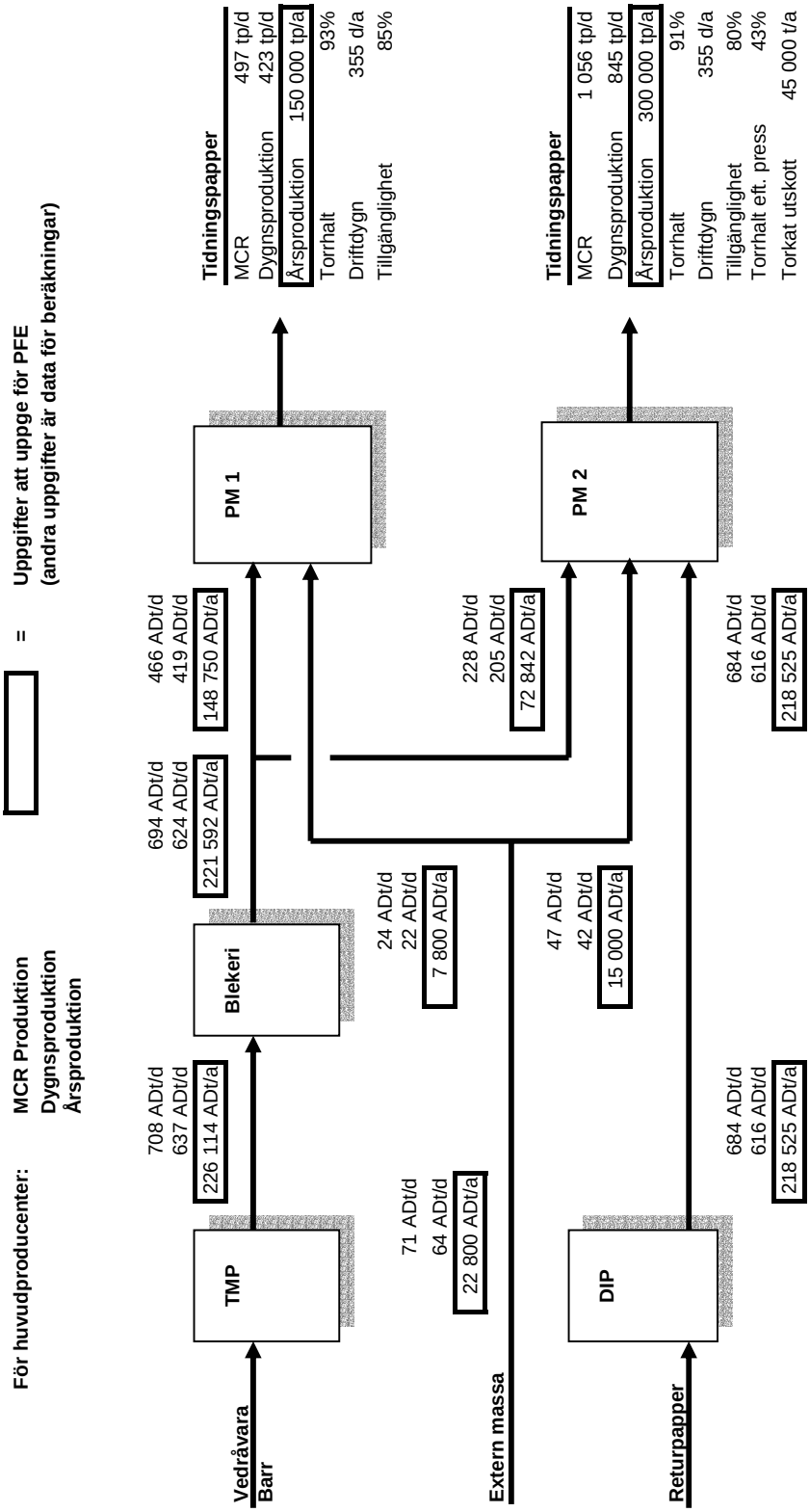
Allmänna data	**Obj nr**	**Enhet**		**Kommentarer**
Period nr			Årsmedel	
Timmar		h	8520	
Kallvattentemperatur	TI-	°C	10	
Spädvattentemperatur eft förvärmning	TI-	°C	45	
Spädvattenflöde	FI-	t	278,7	alla flöden ges i detta exempel i t/h
Matarvattentanktryck	PI-	bar(e)	1,0	

Ångcentral	**Obj nr**	**Enhet**		**Kommentarer**
Sodapanna				
HT-ångflöde	FI-	t	602,5	
HT-ångtryck	PI-	bar(e)	61,3	
HT-ångtemp	TI-	°C	450	
Matarvattentryck	PI-	bar(e)	91	
Matarvattentemp	TI-	°C	122	
Sotånga, ångflöde	FI-	t	24,3	
Sotånga, ångtryck	PI-	bar(e)	25	
Sotånga, ångtemp	TI-	°C	275	
Rökgastemp	TI-	°C	185	
Domtryck	PI-	bar(e)	74,4	
Bottenblåsningsflöde	FI-	t	6,1	
Temp eft bottenblåsningskylare	TI-	°C	60	
Luftförvärmning, temp, in	TI-	°C	N/A	
Luftförvärmning, temp, ut	TI-	°C	N/A	
Luftförvärmning, luftflöde	FI-	1000nm3	N/A	
Övrigt, lutFV, smältasplittring, m.m.		t	6,5	
Bark/Oljepanna				
HT-ångflöde	FI-	t	170,8	
HT-ångtryck	PI-	bar(e)	60,0	
HT-ångtemp	TI-	°C	450	
Sotånga, ångflöde	FI-	t	1,0	
Sotånga, ångtryck	PI-	bar(e)	62	
Sotånga, ångtemp	TI-	°C	350	
Rökgastemp	TI-	°C	160	
Domtryck	PI-	bar(e)	63,7	
Bottenblåsningsflöde	FI-	t	1,7	
Temp eft bottenblåsningskylare	TI-	°C	60	
Destruktionsugn				
HT-ångflöde	FI-	t	10,2	
HT-ångtryck	PI-	bar(e)	11,5	
HT-ångtemp	TI-	°C	m.å.	
Turbiner				
Elproduktion, T1	EI-	MWh	41,9	
Elproduktion, T2	EI-	MWh	22,0	
Direktdriven turbin, ångflöde	FI-	t	0	
Direktdriven turbin, utgående ångtemp	TI-	°C	N/A	
Ångdistributionsnät				
MT2-nät, ångtryck	PI-	bar(e)	25	
MT2-nät, ångtemp	TI-	°C	275	
MT-nät, ångtryck	PI-	bar(e)	11	
MT-nät, ångtemp	TI-	°C	220	
LT-nät, ångtryck	PI-	bar(e)	3,5	
LT-nät, ångtemp	TI-	°C	160	

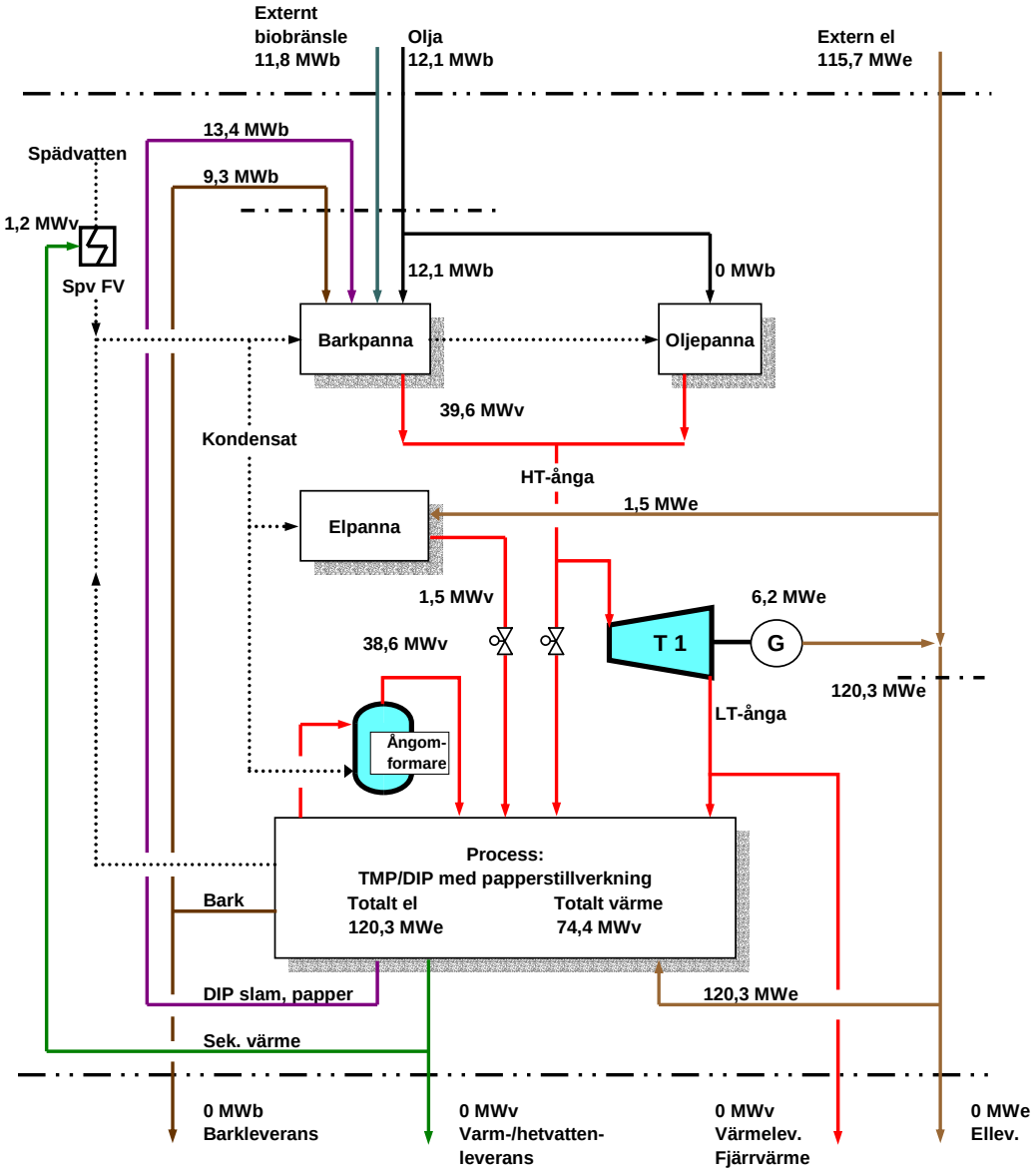
Ångförbrukare	**Obj nr**	**Enhet**		**Kommentarer**
Vedgård				
LT-ångflöde	FI-	t	7,0	
Kondensatreturflöde	FI-	t	0	
Kondensatreturtemp	TI-	°C	0	
Kontinuerlig kokare, barr				
LT-ångflöde	FI-	t	25,2	
MT-ångflöde	FI-	t	63,0	
Kondensatreturflöde	FI-	t	47,3	
Kondensatreturtemp	TI-	°C	125	
Satsvist kokare, löv				
LT-ångflöde	FI-	t	15,5	
MT-ångflöde	FI-	t	28,9	
Kondensatreturflöde	FI-	t	23,1	
Kondensatreturtemp	TI-	°C	130	
Syrgasblekning, barr				
LT-ångflöde	FI-	t	0	
MT-ångflöde	FI-	t	7,5	
Kondensatreturflöde	FI-	t	0	
Kondensatreturtemp	TI-	°C	0	
Syrgasblekning, löv				
LT-ångflöde	FI-	t	0	
MT-ångflöde	FI-	t	3,9	
Kondensatreturflöde	FI-	t	0	
Kondensatreturtemp	TI-	°C	0	
Slutblekning, barr				
LT-ångflöde	FI-	t	13,5	
MT-ångflöde	FI-	t	9,0	
Kondensatreturflöde	FI-	t	0	
Kondensatreturtemp	TI-	°C	0	
Slutblekning, löv				
LT-ångflöde	FI-	t	7,9	
MT-ångflöde	FI-	t	0	
Kondensatreturflöde	FI-	t	2,0	
Kondensatreturtemp	TI-	°C	100	
Massatork				
LT-ångflöde	FI-	t	53,4	
MT-ångflöde	FI-	t	0	
Kondensatreturflöde	FI-	t	48,0	
Kondensatreturtemp	TI-	°C	110	

Inköpt energi			
Olja för ångproduktion, BP	m3	36 696	
Olja för ångproduktion, SP	m3	5 319	
Olja för mesaugn	m3	48 010	
Gasol för pappersbruket	t	0	
Fasta biobränslen	MWhb	179 875	
Elenergi	MWhe	498 652	

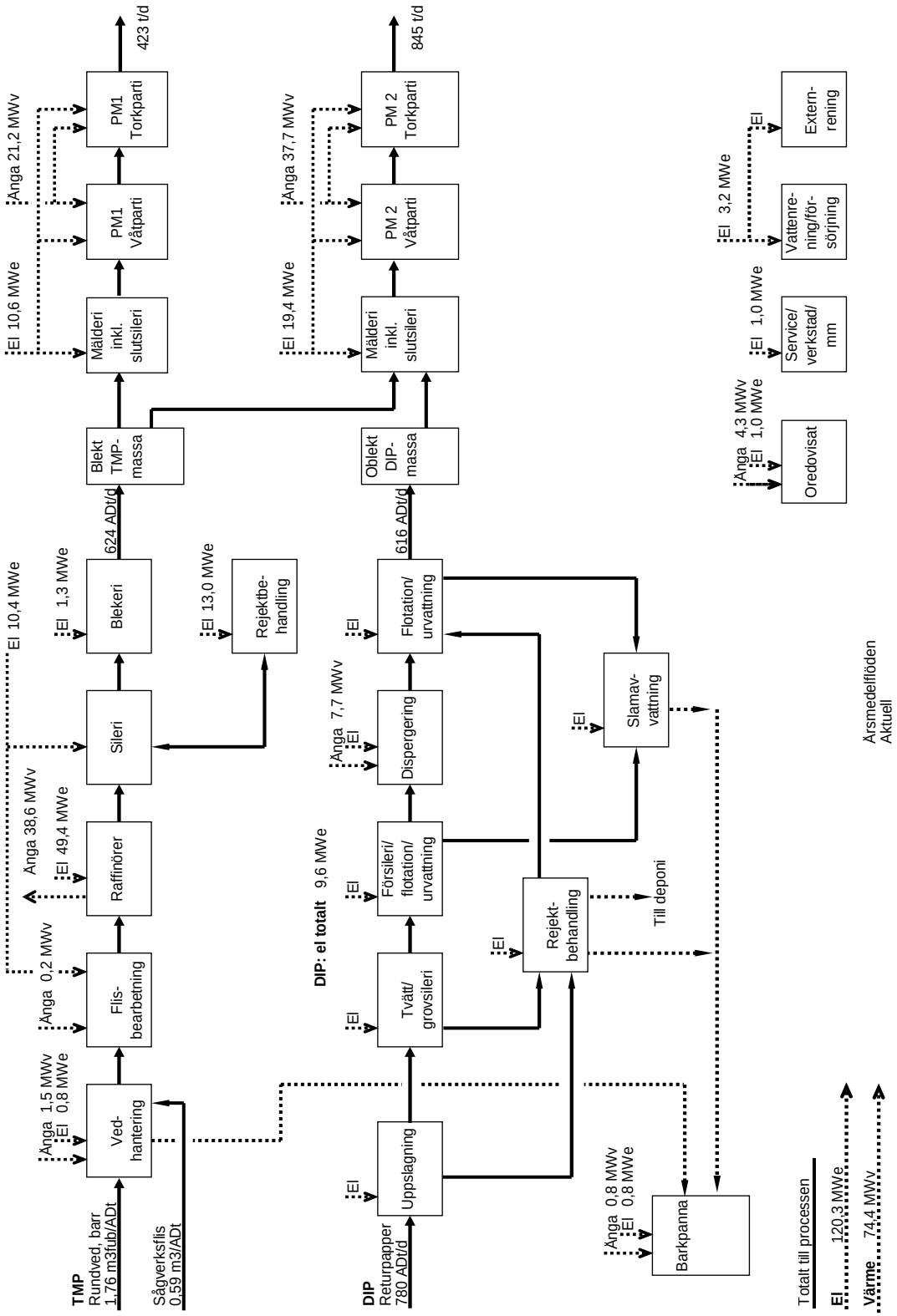
10.6 Mekmassabrukets produktionsdata



10.7 Mekmassabrukets tillförsel, omvandling och distribution av energi



10.8 Mekmassabrukets energianvändning



10.9 Indata för mekmassabruket

Indata för energikartläggning
Mekmassabruket

Allmänna data	**Obj nr**	**Enhet**		**Kommentarer**
Period nr			Årsmedel	
Timmar		h	8520	
Kallvattentemperatur	TI-	°C	10	
Spädvattentemperatur eft förvärmning	TI-	°C	45	
Spädvattenflöde	FI-	t	28,7	alla flöden ges i detta exempel i t/h
Matarvattentanktryck	PI-	bar(e)	1,0	

Ångmätningar	**Obj nr**	**Enhet**		**Kommentarer**				**Kommentarer**
Bark/Oljepanna				PM1				
HT-ångflöde	FI-	t	50,2		LT-ångflöde	FI-	t	32,4
HT-ångtryck	PI-	bar(e)	60,0		MT-ångflöde	FI-	t	0,0
HT-ångtemp	TI-	°C	450		Kondensatreturflöde	FI-	t	30,8
Sotånga, ångflöde	FI-	t	1,0		Kondensatreturtemp	TI-	°C	100
Sotånga, ångtryck	PI-	bar(e)	62	PM2				
Sotånga, ångtemp	TI-	°C	350		LT-ångflöde	FI-	t	58,7
Rökgastemp	TI-	°C	160		MT-ångflöde	FI-	t	0,0
Domtryck	PI-	bar(e)	60,3		Kondensatreturflöde	FI-	t	55,7
Bottenblåsningsflöde	FI-	t	0,5		Kondensatreturtemp	TI-	°C	110
Temp eft bottenblåsningskylare	TI-	°C	60	Lokalvärme				
Elångpanna					LT-ångflöde	FI-	t	1,5
Elförbrukning	EI-	MWh	1,5		MT-ångflöde	FI-	t	0
HT-ångflöde	FI-	t	NA		Kondensatreturflöde	FI-	t	1,5
HT-ångtryck	PI-	bar(e)	4,2		Kondensatreturtemp	TI-	°C	100
HT-ångtemp	TI-	°C	m.å.					
Ångomformare, TMP värmeåtervinning								
Ångflöde	FI-	t	62,3	**Elenergimätning**				
Ångtryck	PI-	bar(e)	2,90		Vedhantering	EI-	MWh	0,8
Ångtemperatur	TI-	°C	m.å.		Raffinörlinje, exkl raffinörer	EI-	MWh	10,4
Turbiner					Primärraffinörer	EI-	MWh	49,4
Elproduktion, T1	EI-	MWh	6,2		Rejektraffinörer	EI-	MWh	13,0
Direktdriven turbin, ångflöde	FI-	t	N/A		Blekeri	EI-	MWh	1,3
Direktdriven turbin, utgående ångtemp	TI-	°C	N/A		DIP	EI-	MWh	9,6
MT-nät, ångtemp	TI-	°C	220		Ångcentral	EI-	MWh	0,8
Vedhantering					PM1	EI-	MWh	10,6
LT-ångflöde	FI-	t	2,0		PM2	EI-	MWh	19,4
Kondensatreturflöde	FI-	t	0		Råvatten, Avlopp	EI-	MWh	3,2
Kondensatreturtemp	TI-	°C	NA		Service, verkstad/kontor mm	EI-	MWh	1,0
Raffinörlinje					Elångpanna	EI-	MWh	1,5
LT-ångflöde	FI-	t	0,2					
MT-ångflöde	FI-	t	N/A	**Inköpt energi**				
Kondensatreturflöde	FI-	t	N/A		Olja för ångproduktion, BP		m3	9 706
Kondensatreturtemp	TI-	°C	N/A		Olja för ångproduktion, OP		m3	0
DIP					Gasol för pappersbruket		t	0
LT-ångflöde	FI-	t	10,3		Fasta biobränslen		MWhb	100 536
MT-ångflöde	FI-	t	N/A		Elenergi, elpanna		MWhe	12 780
Kondensatreturflöde	FI-	t	N/A		Elenergi, övrigt		MWhe	972 730
Kondensatreturtemp	TI-	°C	N/A					
Ångcentral								
LT-ångflöde	FI-	t	0					
MT-ångflöde	FI-	t	0					
Kondensatreturflöde	FI-	t	0					
Kondensatreturtemp	TI-	°C	0					

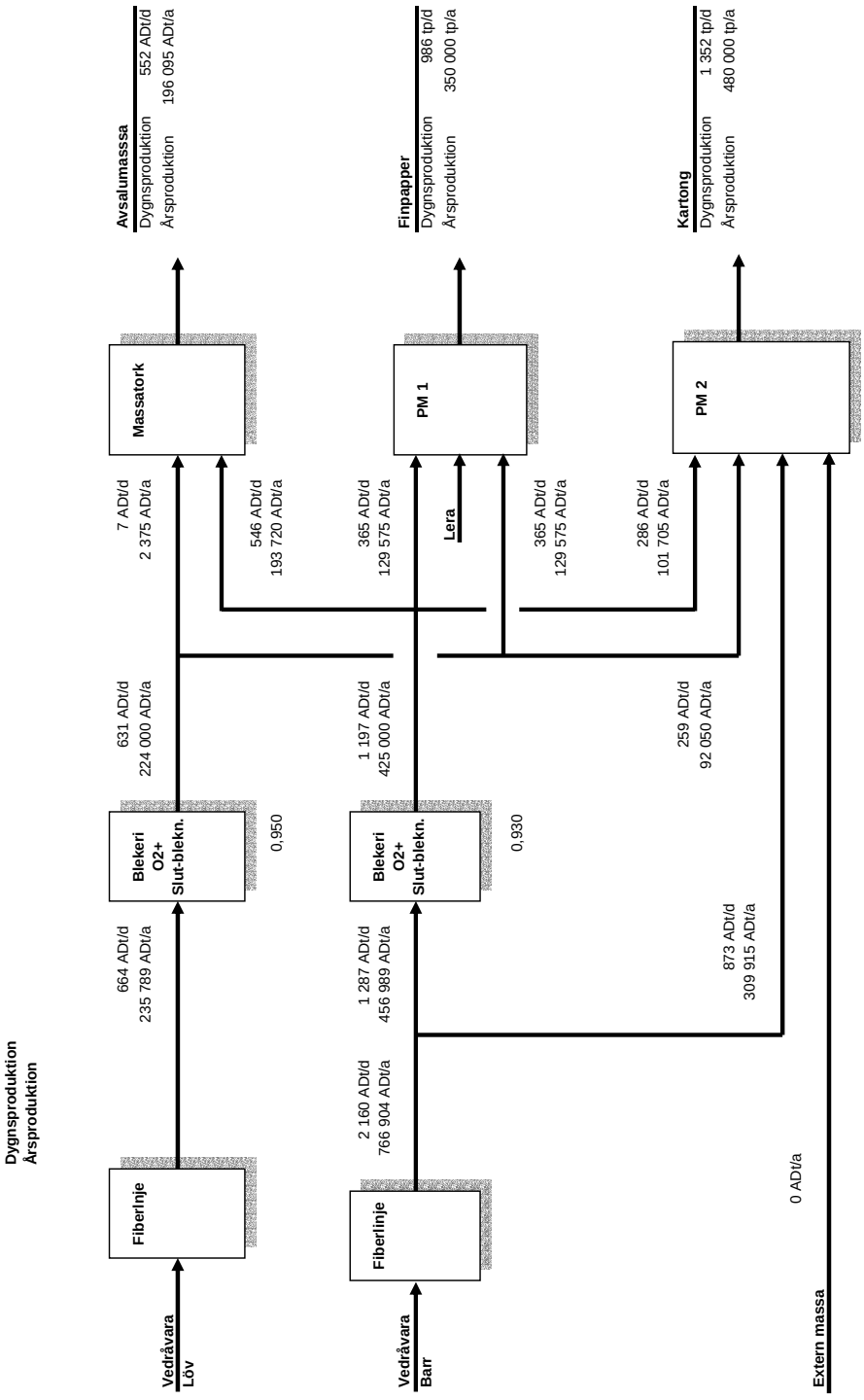
10.10 Beräkning av specifika tal för kemmassabruket

Fördelning av energiförbrukning och energiproduktion
Energisituation Aktuell

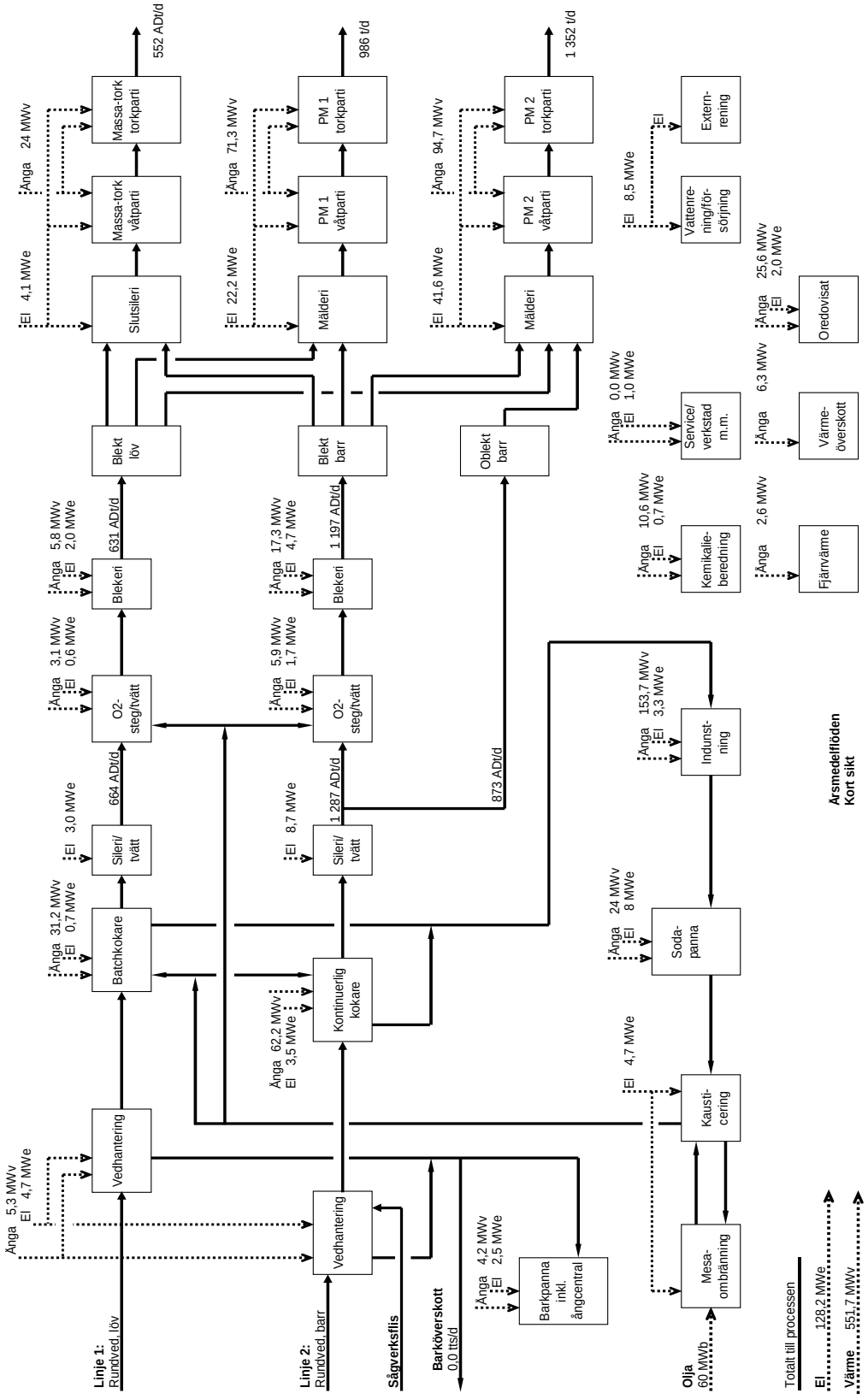
Energiförbrukning	Avdelningsproduktion		Specifika tal per avdelningsenhet Värme		El	Nyckeltal per ton produkt				Värmeförbrukning per produkt GJ					Elförbrukning per produkt kWh				
Avdelning	enhet	enhet / h	MWh	GJ	kWh	Barr obl	Barr bl	Löv bl	Papper	Barr obl	Barr bl	Löv bl	Finp	Kart	Barr obl	Barr bl	Löv bl	Finp	Kart
Gemensamt																			
Renseri, rundved	m3fub	357,1	0,015	0,053	13,3	2,85	3,06	3,83		0,2	0,2	0,2			38	41	51		
Blekkemikalieberedning	kg ClO2	779	0,014	0,049	1,0		11	9,5			0,5	0,5				10	9		
Indunstning inkl.stripper	t avd	1 087	0,14	0,51	3,0	9,44	10,34	8,66		4,8	5,3	4,4			28	31	26		
Kausticering	m3 vitlut					3,65	4,12	3,4											
Mesaugn, kausticering	kg kalk	31 176	0	0	0,15	266	299	248		0,0	0,0	0,0			40	45	37		
Sodapanna	tts	186,8	0,13	0,47	41,6	1,598	1,789	1,494		0,7	0,8	0,7			67	75	62		
Barkpannaånga/central	GJv	266,2	0,011	0,041	9	1,65	1,77	4,49		0,1	0,1	0,2			15	16	42		
PM1	t papper								1				6,39					540	
PM2	t papper								1					6,62					746
Råvatten/avlopp	ADt														70	76	70		
Övrigt	ADt									0,2	0,3	0,2			3	2	4		
Värmeöverskott	ADt									0,2	0,2	0,2							
Oredovisat	ADt									0,8	0,9	0,8			55	40	76		
Löv																			
Batchkokeri	ADt							1				4,3					28		
Sileri/tvätt	ADt							1				0,0					113		
Syrgasblekning	ADt							1				0,4					24		
Blekning	ADt											0,8					77		
Barr																			
Kont kokeri	ADt					1	1			2,5	2,7				39	42			
Sileri/tvätt	ADt					1	1			0,0	0,0				97	104			
Syrgasblekning	ADt						1				0,4					35			
Blekning	ADt						1				1,2					95			
Totalt pumpmassa										**9,5**	**12,5**	**12,7**			**451**	**611**	**619**		
Massatork	ADt						1	1			3,8	3,8				160	160		
Totalt										**9,5**	**16,4**	**16,5**	**6,4**	**6,6**	**451**	**771**	**779**	**540**	**746**

Energiproduktion	Avdelningsproduktion		Specifika tal per avdelningsenhet Värme		Nyckeltal per ton produkt			Värmeproduktion per produkt GJ		
Avdelning	enhet	enhet / h	MWh	GJ	Barr obl	Barr bl	Löv bl	Barr obl	Barr bl	Löv bl
Sodapanna, lutTS	tTS	186,8	2,46	8,87	1,598	1,789	1,494			
Sodapanna, värmevärde vått br	GJ/tTS				10,71	10,29	9,74			
Sodapanna, värmevärde vått br	GJ	1924		0,862	17,11	18,42	14,55	14,7	15,9	12,5
Do	MWhb	534,4	0,862							
Barkpanna, barkmängd internt	tTS	18,4			0,125	0,134	0,270			
Do, värmevärde vått br	GJ/tTS	17,1			15,5	15,5	19,6			
Do, värmevärde vått br	GJ	313,2		0,850	1,94	2,08	5,28	1,6	1,8	4,5
Köpt biobränsle, värmevärde vått br	GJ	76,0								
Totalt, värmevärde vått br	GJ	389,2		0,850						
Do	MWhb	108,1	0,850							

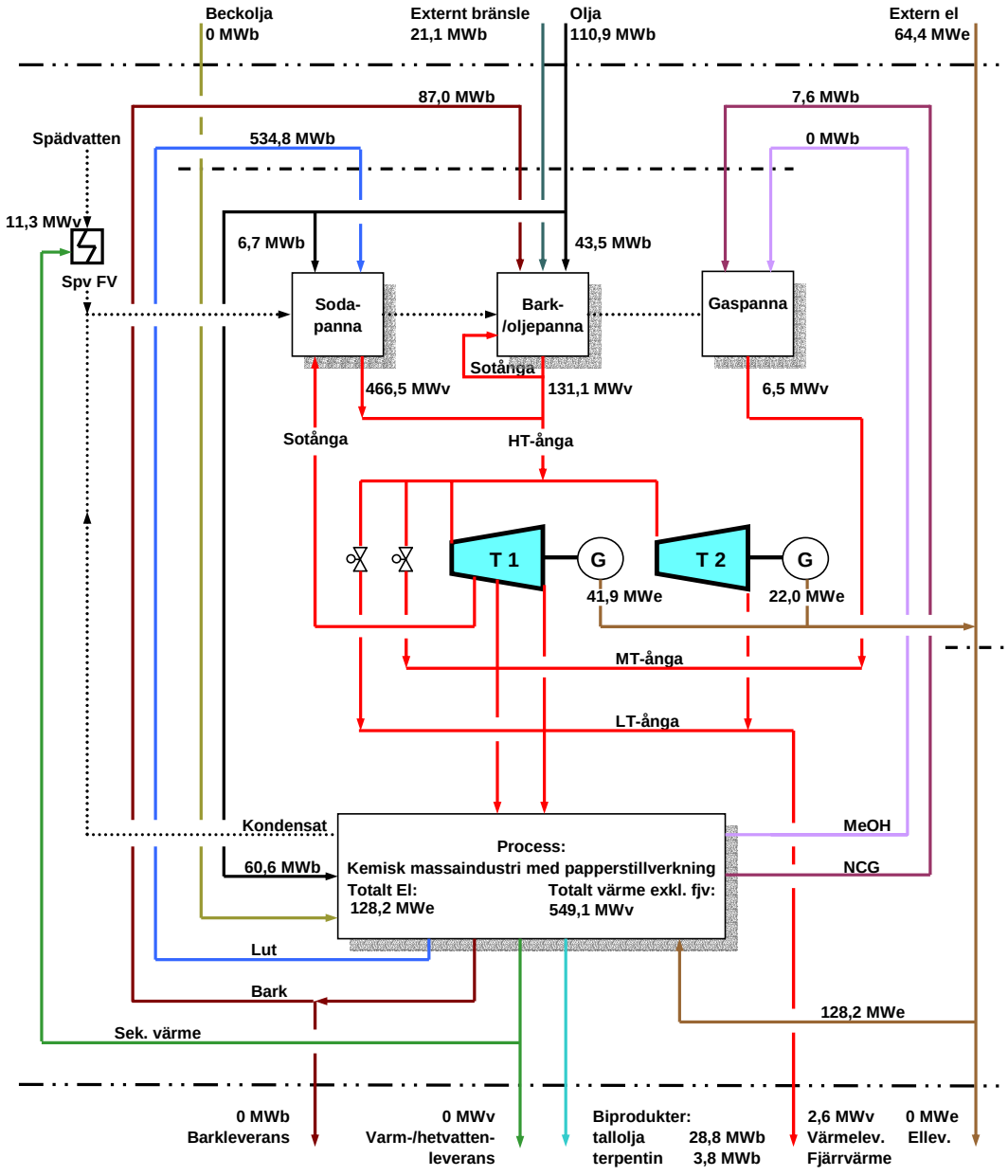
10.11 Kemmassabrukets produktionsdata; på kort sikt



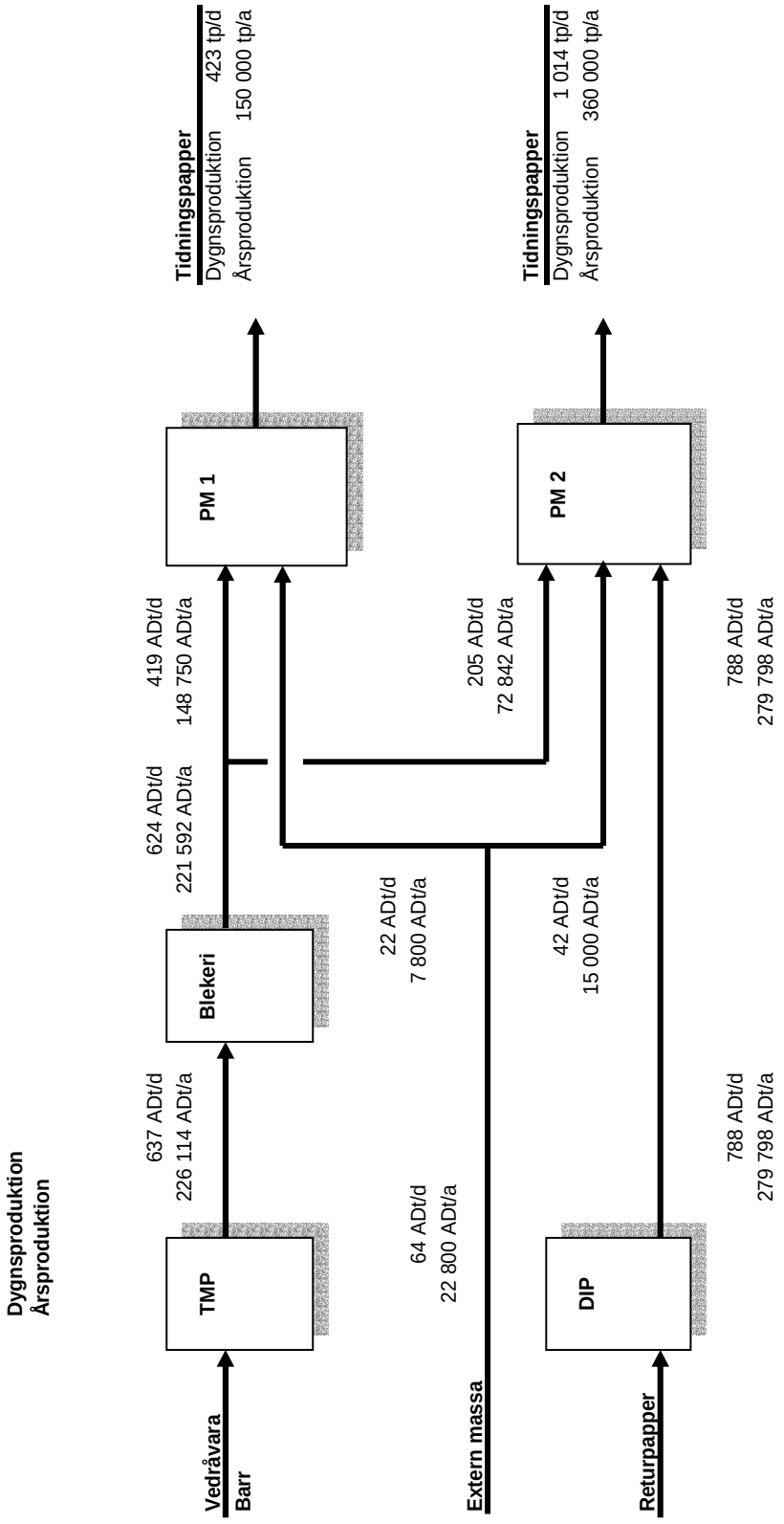
10.12 Kemmassabrukets energianvändning; på kort sikt



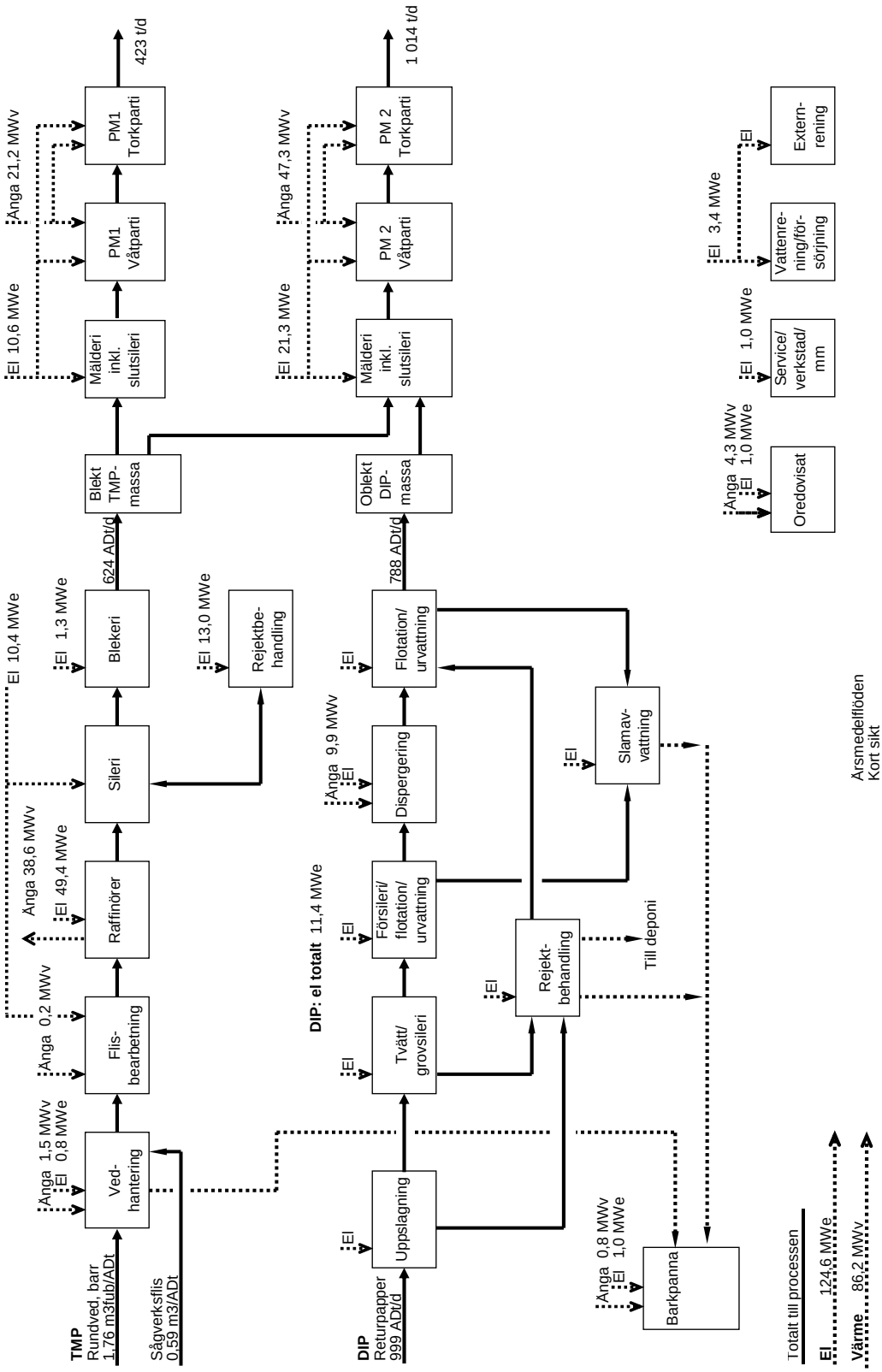
10.13 Kemmassabrukets tillförsel, omvandling och distribution av energi; på kort sikt



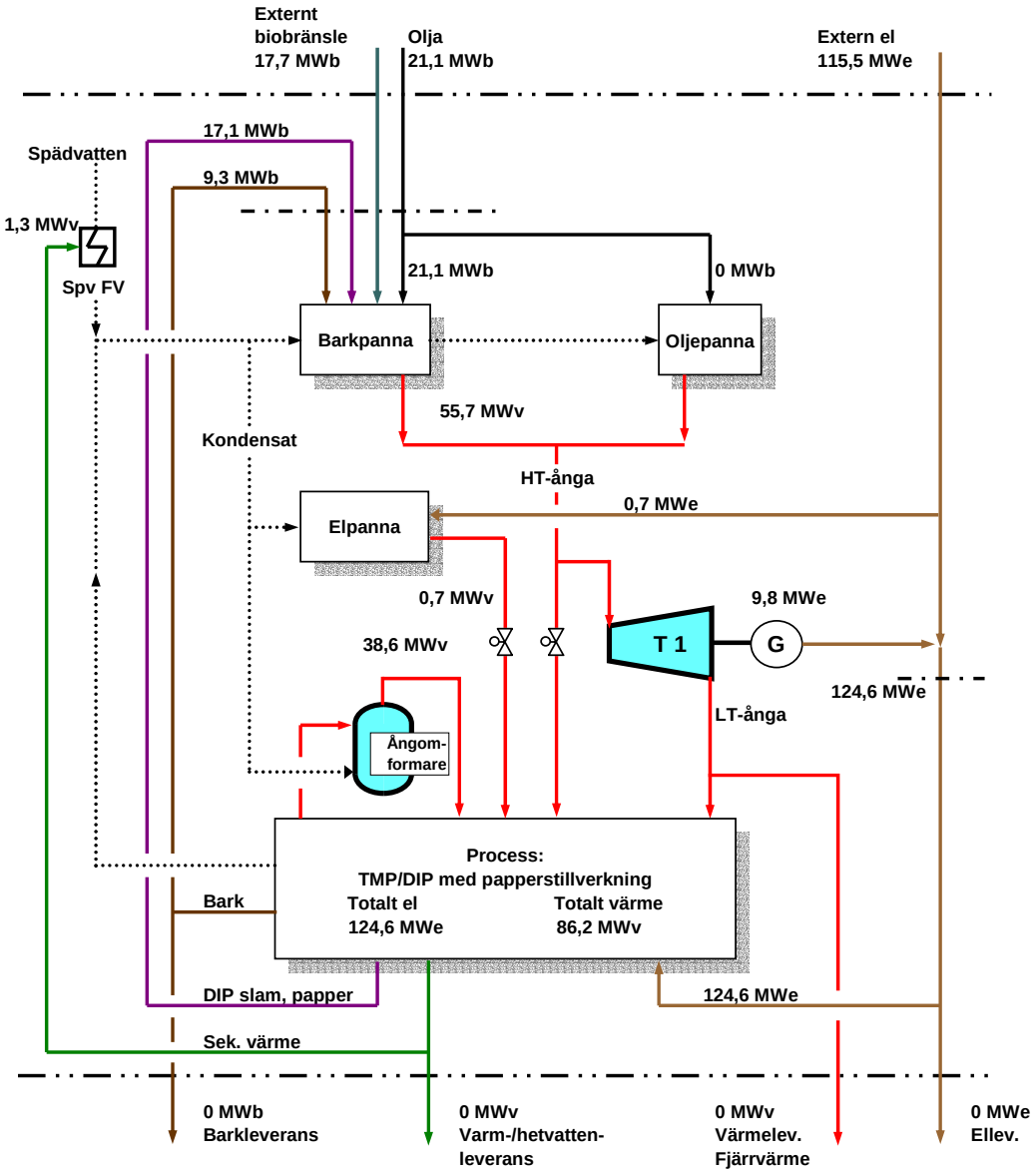
10.14 Mekmassabrukets produktionsdata; på kort sikt



10.15 Mekmassabrukets energianvändning; på kort sikt



10.16 Mekmassabrukets tillförsel, omvandling och distribution av energi; på kort sikt



10.17 Checklista pumpsystem

Checklista för pumpsystem

1. Behövs pumpen?
2. Vilken utläggningsdata har pumpen?
3. Vilken märkdata har motorn?
4. Varifrån och från vilken nivå kommer flödet?
5. Vart och till vilken nivå går flödet?
6. Regleras flödet med ventil, överlöp eller återföring?
7. När och hur mycket tid nyttjas pumpen?
8. Finns någon parallellpump som är i drift?
9. Kan pumpen ställas av periodvis?
10. Är intermittent drift möjlig utan risk för backflöde?
11. Behövs aktuellt tryck? Är dysor dimensionerade för ändamålet?
12. Finns onödiga areaändringar i t.ex. böjar, T-stycken, silar, strypningar eller ventiler i rörledningar?
13. Körs pumpen mot tank med överlöp?
14. Vilken är reglerventilens driftläge och hur är den dimensionerad?
15. Är pumpen för stor? Är svarvning eller hjulbyte en möjlig åtgärd?
16. Byte av pump och/eller motor?
17. Är varvtalsreglering möjlig och vilken typ är aktuell?
18. Hur påverkas ställverk och transformatorer?
19. Är mer omfattande mätningar nödvändiga?
20. Är åtgärden lönsam?

Källa: Handbok för elenergibesparing vid pumpning av vätskor inom massa- och pappersindustrin [3]

10.18 Checklista omrörare

Checklista för omrörare

1. Behövs omröraren?
2. Vilken typ av medium ska omröras? Slam, massa, suspension?
3. När och hur mycket tid nyttjas omröraren?
4. Vilken koncentration har mediet och kan det eventuellt sänkas?
5. Hur stora koncentrationsvariationer tillåts?
6. Vilken viskositet har mediet och går det att sänka den med förhöjd temperatur?
7. Vilket processresultat önskas?
8. Hur stor tank behövs och vilken buffertkapacitet har den?
9. Vilken omrörningsgrad krävs? Är homogenhållning tillräckligt?
10. Vilken aktiv volym och uppehållstid krävs?
11. Är omröraren topp-, botten- eller sidomonterad?
12. Är tankens höjd/breddförhållande optimalt?
13. Vilken typ av omrörare används? Är den optimal för aktuellt medium eller är ett byte aktuellt?
14. Är omröraren direkt, växel eller remdriven?
15. Har motorn rätt dimension eller är ett byte till en mindre med små förluster möjlig?
16. Vilket varvtal har omröraren och kan det sänkas genom remskivebyte?
17. Vilken typ av utrustning används för spädning vid koncentrationsreglering? Ringsprits, studsplacering?
18. Hur är pumpstudsarna placerade?
19. Kan utfyllnad i tanken förbättra strömningsbilden?
20. Är intermittent drift möjlig?
21. Är varvtalsreglering möjlig och vilken typ är aktuell?
22. Är mer omfattande mätningar nödvändiga?
23. Är åtgärden lönsam?

Källa: Handbok för elenergibesparingar vid omröring inom massa- och pappersindustrin [2]

10.19 Checklista fläktsystem

Checklista för fläktsystem

1. Behövs fläkten?
2. Vilken utläggningsdata har fläkten?
3. Vilken märkdata har motorn?
4. Varifrån kommer flödet?
5. Vart går flödet?
6. Regleras flödet med reglerspjäll eller ledskenor?
7. När och hur mycket tid nyttjas fläkten?
8. Finns någon parallellfläkt som är i drift?
9. Kan pumpen ställas av periodvis?
10. Är intermittent drift möjlig utan risk för backflöde?
11. Behövs aktuellt tryck? Är dysor dimensionerade för ändamålet?
12. Finns det läckor i bälgar, skarvar eller spjäll?
13. Finns onödiga areaändringar i t.ex. böjar, T-stycken, filter, strypningar eller spjäll i kanalsystemet?
14. Är inloppsgaller, filter och värme-/kylbatterier smutsiga?
15. Har fläkten rätt rotationsriktning?
16. Är remdriften intakt?
17. Vilken är reglerspjällets driftläge och hur är den dimensionerad?
18. Är fläkten för stor? Är remskivsbyte för nedvarvning en möjlig åtgärd?
19. Byte av fläkt och/eller motor?
20. Är varvtalsreglering möjlig och vilken typ är aktuell?
21. Hur påverkas ställverk och transformatorer?
22. Är mer omfattande mätningar nödvändiga?
23. Är åtgärden lönsam?

Källa: Handbok för elenergibesparingar vid fläkttransport av gaser inom massa- och pappersindustrin [1]

10.20 Checklista elmätning

Kontroll av mätarinstallation:

- Säkerhet vid användning av mätinstrument (t.ex. att rätt utrustning och avsäkrade instrument används)
- Rätt faktor på strömtång
- Rätt fas vid mätning av ström
- Rätt strömriktning
- Rätt fas för spänning
- Spänningsnivå
- Fasföljd
- Mätintervall

Kontroll av mätvärdesbehandling:

- Mätarkonstanter
- Mätområde

Verktyg vid elmätning

- Fasföljdsprovare
- Spänningsprovare
- Eventuella program för beräkning av effekt och energimängder
- Programvara för presentation av mätresultatet

Källa: ÅF

10.21 Checklista ångmätning

- Är mätorganet dimensionerat enligt ISO 5167-1?
- Beräknat differenstryck vid maximalt ångflöde och ångdata (tryck/temp)
- Eventuell kontrollberäkning av mätorganet
- Eventuella korrigering för avvikelser i maximalt differenstryck och/eller aktuella ångdata
- Kontroll av mätarinstallationen:
    - Om eventuella störningar finns p.g.a. böjar m.m.
    - Om mätaren är utlagd för rätt diameter m.m.
    - Om förekommande åverkan eller felinstallation av impulsuttag och impulsledningar
- Kontroll av mätvärdesbehandlingen:
    - Kontrollera maximalt differenstryck i DP-cell
    - Kontrollera nollpunkt i DP-cell
    - Kontrollera mätområde

Källa: ÅF

10.22 Specifik energiåtgång enligt Skogsindustriernas energienkät

Massatillverkning	**Elförbrukning**	**Värmeförbrukning**
Sulfatmassa	**kWh/ADt**	**GJ/ADt[*1]**
Blekt, torkad	798	15.2
Blekt, pumpmassa	664	9.7
Oblekt, flingtorkad	720	10.0
Oblekt, pumpmassa	591	8.1
Sulfitmassa		
Blekt, torkad	1 137	15.5
Blekt, pumpmassa	877	10.5
Slipmassa		
Pumpmassa	2 110	0.2
Flingtorkad	1 983	1.4
TM-massa[*2]		
Pumpmassa	2 335	0.5
Torkad	1 897	3.9
Flingtorkad	1 904	2.3
Neutralsulfitmassa (NSSC)	501	4.2
Returpapper		
Pumpmassa	310	0.3
Papperstillverkningsled	**kWh/tp**	**GJ/tp[1]**
Tidningspapper	594	4.1
Journalpapper	711	6.0
Säckpapper	1 002	7.3
Kraftkartong	726	6.6
Kraftliner	535	4.8
Fluting	420	6.3
Finpapper	651	6.2
Kartong	613	5.0
Mjukpapper	1 125	4.6
Kraftpapper	1 057	5.8
Övrigt[*3]	1 738	16.0

Källa: Skogsindustriernas energienkät [15] (enligt 2000 års energienkät)

[*1] exkl. mottryckskraft
[*2] innehåller både TMP och CTMP
[*3] pappersprodukter med varierande och kraftigt avvikande specifika energiförbrukningar

10.23 Specifik energiförbrukning kemmassabruk

10.23.1 Kemmassabruket – el

Elenergiförbrukning – sulfatmassafabrik för blekt avsalumassa			
	KAM[*1], ECF-blekning	BAT[*2]	ÅF:s typbruk[*3] (barr/löv)
Förbrukare	**kWh/ADt blekt massa**	**kWh/ADt blekt massa**	**kWh/ADt blekt massa**
Vedhantering	45	55	45/40
Kokeri	44	65	44/39
Tvätt och sileri	60	55	90/80
Syrgassteg	60	45	80/72
Blekeri	80	83	100/89
Blekkemikalieberedning	8	6	10/9
Slutsileri	45	40	45/40
Torkmaskin	120	105	130/116
Indunstning	30	30	30/25
Kausticering	60	20	30/24
Mesaombränning		10	
Sodapanna		60	
Kraftpanna		30	
Pannhus inkl. samtliga pannor	90		100/80
Kyltorn	20	Ingen uppgift	Ingen uppgift
Råvattenbehandling/distribution	20	Ingen uppgift	22/20
Avloppsrening	30	20	30/27
Övrigt, förluster m.m.	30	136	35/28
Totalt massafabrik	**742**	**760**	**791/689**

Elenergiförbrukning – sulfatmassafabrik med finpapperstillverkning		
	BAT[*2]	ÅF:s typbruk (barr/löv) [*3]
Förbrukare	**kWh/t papper**	**kWh/t papper**
Vedhantering	46	29/32
Kokeri	55	28/31
Tvätt och sileri	46	58/63
Syrgassteg	38	51/57
Blekeri	70	64/71
Blekkemikalieberedning	5	6/7
Slutsileri	34	29/32
Indunstning	25	19/20
Kausticering	17	19/19
Mesaombränning	8	
Sodapanna	51	
Kraftpanna	25	

Pannhus inkl. samtliga pannor		64/63
Råvattenbehandling/distribution	Ej angiven	14/16
Övrigt, förluster m.m.	115	22/22
Totalt massafabrik	**535**	**403/433**
Mälderi	250	600/600
Pappersmaskin	420	
Totalt pappersfabrik	**670**	**600/600**
Avloppsrening	**13**	**19/21**
Totalt per ton papper	**1 218**	**1 022/1 054**

Källa:
[*1] KAM, program för kretsloppsanpassad massafabrik [8]. KAM innehåller även referensdata från process med TCF-blekning.
[*2] Reference document on best available techniques in pulp and paper industry [9]
[*3] ÅF, baseras på erfarenhet, tidigare energibalanser och statistik från svenska bruk

10.23.2 Kemmassabruket – värme

Värmeenergiförbrukning - sulfatmassafabrik för blekt avsalumassa				
	KAM[*1] (ECF-blekning)		**BAT[*2]**	**ÅF:s typbruk[*3](barr/löv)**
Förbrukare	**MJ/ADt blekt massa**		**MJ/ADt blekt massa**	**MJ/ADt blekt massa**
	sommar	**vinter**		
Vedhantering		0	150	130/130
Kokeri	1 670	2 230	2 050	2 570/2 070
Tvätt och sileri		0	0	0
Syrgassteg	380	390	400	190/190
Blekeri	980	1 000	500	510/760
Blekkemikalieberedning	100	50	70	100/100
Slutsileri		0	0	0
Torkmaskin	2 200	2 210	2 850	2 900/2 910
Indunstning	3 630	3 740	4 100	5 020[*4]/4 400[*4]
Kausticering		0	0	50/50
Mesaombränning (direktbränsle)	Ingen uppgift		(1500)	Ingen uppgift
Sodapanna	1 030	1 060	610	1 740/1 340
Barkpanna	10	10	0	10/10
Uppvärmning	0	120		90/70
Hetvattenproduktion				330/330
Diverse, förluster m.m.	350	380	2170	650/590
Total förbrukning process	**10 350**	**11 190**	**12 900 (14 400)[*5]**	**14 290/12 950**
Mottryckturbin	2 930	3 080		
Kondensturbin	6 490	5 670		
Turbiner	**9 420**	**8 750**	**2 600**	**2 225**
Totalt	**19 770**	**19 940**	**15 500 (17 000)[*5]**	**16 515/15 175**

Värmeenergiförbrukning – sulfatmassafabrik med finpapperstillverkning		
	BAT[*2]	**ÅF:s typbruk[*3] (barr/löv)**
Förbrukare	**MJ/t papper**	**MJ/t papper**
Vedhantering	230	90/110
Kokeri	1 800	1 640/1 680
Tvätt och sileri	0	0
Syrgassteg	400	110/170
Blekeri	500	220/320
Blekkemikalieberedning	70	60/60
Slutsileri	0	0
Indunstning	3 600	3 180[*4]/3 610[*4]
Kausticering	0	30/40
Mesaombränning (direktbränsle)	(1 300)	
Sodapanna	600	1 110/1 070
Barkpanna	0	10/10
Uppvärmning	Ingen uppgift	60/60
Hetvattenproduktion		240/290
Diverse, förluster m.m.	1 900	420/480
Totalt massafabrik	**9 100 (10 400)[*5]**	**7 170/7 900**
Mälderi	0	4 970/4 970
Pappersmaskin	7 100	
Totalt pappersfabrik	**7 100**	**12 140/12 870**
Avloppsrening	**0**	**0**
Turbiner	**2 100**	**2 010/1 880**
Totalt	**18 300 (19 600)[*5]**	**14 150/14 750**

Källa:
[*1] KAM, program för kretsloppsanpassad massafabrik [8]. KAM innehåller även referensdata från process med TCF-blekning.
[*2] Reference document on best available techniques in pulp and paper industry [9]
[*3] ÅF, baseras på erfarenhet, tidigare energibalanser och statistik från svenska bruk
[*4] inkl. stripper
[*5] inom parantes inkl. direktbränsle

10.24 Specifik energiförbrukning mekmassabruk

10.24.1 Mekmassabruk – el

Elenergiförbrukning – TMP fabrik med tidningspapperstillverkning		
	BAT[*1]	**ÅF:s typbruk[*2]**
Förbrukare	**kWh/t papper**	**kWh/t papper**
Vedhantering	50	
Raffinering	2 110	
Tvätt och sileri	50	
Blekeri	75	
Blekkemikalieberedning	5	
Slutsileri	35	
Kraftpanna	25	
Totalt massafabrik	**2 350**	**2 010**
Mälderi	235	
Pappersmaskin	350	
Totalt pappersfabrik	**585**	**730**
Avloppsrening	**39**	
Totalt	**2 974**	**2 740**

Källa:
[*1] Reference document on best available techniques in pulp and paper industry [9]
[*2] ÅF, baseras på erfarenhet, tidigare energibalanser och statistik från svenska bruk

10.24.2 Mekmassabruk – värme

Värmeenergiförbrukning – TMP fabrik med tidningspapperstillverkning		
	BAT[*1]	**ÅF:s typbruk[*2]**
Förbrukare	**MJ/t papper**	**MJ/t papper**
Vedhantering	150	
Raffinering	0	
Tvätt och sileri	0	
Blekeri	0	
Blekkemikalieberedning	0	
Kraftpanna	0	
Totalt massafabrik	**150**	
Mälderi	0	4 050
Pappersmaskin	5 300	
Totalt pappersfabrik	**5 300**	**4 050**
Avloppsrening	**0**	**0**
Totalt	**5 450**	**4 050**

Källa:
[*1] Reference document on best available techniques in pulp and paper industry [9]
[*2] ÅF, baseras på erfarenhet, tidigare energibalanser och statistik från svenska bruk

10.24.3 DIP – el och värme

El- och värmeenergiförbrukning – DIP-anläggning med tidningspapperstillverkning		
	BAT[*1]	**ÅF:s typbruk[*2]**
Förbrukare	**kWh/ADt**	**MJ/ADt**
Deinking	175	
Tvätt och sileri	50	
Blekeri	75	
Totalt massafabrik	**300**	**200**
Mälderi	235	
Pappersmaskin	350	5 300
Totalt pappersfabrik	**585**	**5 300**
Avloppsrening	**32**	
Totalt	**917**	**5 500**

Källa:
[*1] Reference document on best available techniques in pulp and paper industry [9]
[*2] ÅF, baseras på erfarenhet, tidigare energibalanser och statistik från svenska bruk

10.25 Sammanställning för identifierade elbesparingsåtgärder

Identifierade potentiella elbesparingsåtgärder

Massa & Papper AB
Bruk 1

Nr	Avdelning	Utrustning typ / objektnummer	Beskrivning	Gått igenom checklista	Problem	Möjlig åtgärd	Bedömd/mätt elförbrukning idag	Bedömd elförbrukning efter åtgärd	Minskad elkostnad	Investering	Beräknad pay-off
1	32- Vattenrening	Kemvattenpump 32-432	Pumpar kemrenat vatten från vattenreningsanläggning till vattenlagringsbassäng.	Ja	Pumpen kraftigt överdiomensionerad pga nyligen gjorda vattenbesparingar.	Byte av pump samt motor för ökad pumpverkninsgrad.	4 000 MWh/år	3 200 MWh/år	200 kSEK/år	450 kSEK	2,3 år
2	68- Torkmaskin	Bakvattenpump 68-443	Pumpar bakvatten från TM till blekeri.	Ja	Reglerventil i blekeriet jobbar alltid med låg öppningsgrad. Dvs mycket energi stryps bort.	Avsvarvning av pumphjul, minskar pumptryck.	720 MWh/år	630 MWh/år	22 kSEK/år	15 kSEK	0,7 år
3	88- PM2	Omrörare 88-632	Omrörare för inblandning av kemikalie X.	Ja	Kemikalie X tillsätts inte längre, men omröraren körs ändå.	Stäng av/ta bort omrörare.	93 MWh/år	0 MWh/år	23 kSEK/år	0 kSEK	0 år
4	44- Kokeri	Hetvattenpump 44-427	Pumpar hetvatten till tre olika förbrukare.	Ja	En av förbrukarna kräver ett mycket högre tryck än de övriga två.	Installera en separat pump med lägre tryckuppsättning för två av förbrukarna.	240 MWh/år	170 MWh/år	18 kSEK/år	110 kSEK	6,0 år
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
osv	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

10.26 Åtgärdsförteckning enligt PFE

Åtgärdsförteckning, PFE								
Massa & Papper AB Bruk 1								
Nr	**Beskrivning och åtgärd**	**Bedömd minskning av elförbrukning**	**Bedömd minskning av elkostnad**	**Bedömd förändring av användning av övriga energiprodukter**	**Investering**	**Bedömd förändring av övriga kostnader**	**Beräknad pay-off (baserat på elbesparing)**	**Planerad tidpunkt för genomförande**
Bruk1-1	Pump för kemrenat vatten från vattenreningsanläggning till vattenlagringsbassäng överdimensionerad. Byte av pump/motor för att öka verkningsgrad.	800 MWh/år	200 kSEK/år	Inga	450 kSEK	Inga	2,3 år	september 2005
Bruk1-2	Pumpar bakvatten från TM till blekeri.	90 MWh/år	22 kSEK/år	Inga	15 kSEK	Inga	0,7 år	januari 2006
Bruk1-3	Omrörare för inblandning av kemikalie X.	93 MWh/år	23 kSEK/år	Inga	0 kSEK	Inga	0 år	Genomförd april 2004
Bruk1-4	-	-	-		-		-	-
Bruk1-5	-	-	-		-		-	-
Bruk1-6	-	-	-		-		-	-
Bruk1-7	-	-	-		-		-	-
Bruk1-8	-	-	-		-		-	-
Bruk1-9	-	-	-		-		-	-
osv	-	-	-		-		-	-

Värmeforsk är ett organ för industrisamverkan inom värmeteknisk forskning och utveckling. Forskningsprogrammet är tillämpningsinriktat och fokuseras på energi- och processindustriernas behov och problem.

Bakom Värmeforsk står följande huvudmän:

- Elforsk
- Svenska Fjärrvärmeföreningen
- Skogsindustrin
- Övrig industri

VÄRMEFORSK SAMARBETAR MED STATENS ENERGIMYNDIGHET



VÄRMEFORSK SERVICE AB
101 53 Stockholm
Tel 08-677 25 80
Fax 08-677 25 35
www.varmeforsk.se

Beställning av trycksaker
Fax 08-677 25 35

S4-432
929