

PATE-analyysi – Paineilman energia-analyysimalli

PATE-analyysi - Paineilman energia-analyysimalli

23.5.2005

Päivitetty 25.1.2006

Motiva Oy

Kauppa- ja teollisuusministeriö on rahoittanut tämän julkaisun tuottamisen.

Copyright Motiva Oy, Helsinki, 2005

Esipuhe

Motiva käynnisti vuonna 2003 teollisuudelta ja kauppa- ja teollisuusministeriön (KTM) energiaosastolta saadun palautteen perusteella projektin "PATE – paineilmaa tehokkaasti". Tavoitteena oli aluksi saavuttaa mitattavaa energiansäästöä hankkeeseen osallistuvien teollisuusyritysten paineilmajärjestelmissä. Laajempaan tavoitteena oli oppia, kerätä ja jalostaa tietoa teollisuuden paineilman energiatehokkuudesta sekä monistaa yksittäisissä kohteissa saadut tulokset koko teollisuuden hyödyksi.

Projektin yhteydessä tehtiin vuosina 2003–2004 yksityiskohtaiset paineilman energiankäytön tehostamisselvitykset neljällä prosessiteollisuuden tehtaalla ja seitsemällä keskisuuren (pk-teollisuuden) energiankäyttäjän tehtaalla. Energiaselvityksissä lähtökohtana oli paineilman käyttö ja käyttötarve. Aiemmat paineilmaselvitykset, joita ovat tarjonneet lähinnä paineilman laitetoimittajat, ovat keskittyneet yleensä paineilman tuotantopuoleen.

Mainituista tehtaista löytyi suuruusluokaltaan 20 prosentin taloudellisesti toteuttamiskelpoinen säästöpotentiaali paineilman käytössä ja tuotannossa. Teoreettiset tehostamispotentiaalit osoittautuivat tätäkin suuremmiksi vaihdellen välillä 30–60 prosenttia.

PATE-projektin ensivaiheen osaprojektien tulokset on tarkoitus "monistaa" koko teollisuuden hyväksi muun muassa tuotteistamalla paineilman energia-analyysi, jonka tuloksena on syntynyt tämä paineilman energia-analyysin ohjeistava PATE-analyysimalli.

Tämä raportti jakautuu kolmeen osaan:

- Osa 1 on PATE-analyysin toteutusohje, joka määrittelee analyysin päälinjat ja vaatimukset.
- Osa 2 on laajennettu mallisisällysluettelo, jossa määritellään toteutusohjeita tarkemmin PATE-analyysin raportointiin liittyvät asiat ja vaatimukset. Mallisisällysluettelo esittää PATE-analyysiraportin painopisteet ja sisällön mahdollisimman yleispätevästi. Raportti ei käsittele syvällisesti paineilmajärjestelmien eikä -laitteiden erityispiirteitä.
- Osa 3 on esimerkkiraportti, jossa kuvataan PATE-analyysin raportointi kuvitteellisessä kohteessa.

PATE-analyysin toteutusohjeen ja mallisisällysluettelon ovat tehneet Motiva Oy:lle (projektipäällikkönä Janne Hietaniemi) yhteistyössä Kupari Solutions Oy (Lauri Suomalainen ja Tomi Kiuru) ja Empower Oy (Antero Punttila ja Paavo Huuhka). Mallin päivitysversioon on tehty joitakin pieniä muutoksia ja täsmennyksiä painotuksiin, mitkä perustuvat mallista saatuihin käyttökokemuksiin.

Sisällysluettelo

Osa 1	Toteutusohje	7
Osa 2	Laajennettu mallisisällysluettelo	15
Osa 3	Esimerkkiraportti	33

Soveltamisala ja liitynät analyysitoimintaan

Tämä ohje on tehty erilliselle paineilman energia-analyysille (PATE-analyysi).

PATE-analyysimalli on suunnattu käytettäväksi teollisuuslaitosten paineilmajärjestelmissä, mutta sitä voidaan soveltaa myös suurempiin yhdyskunta- ja kaupallisen sektorin paineilmalaitoksiin. Analyysimalli on tarkoitettu sovellettavaksi

- KTM:n tukeman prosessiteollisuuden energia-analyysin toisen vaiheen täydentävänä analyysinä helpottamaan toisen vaiheen analyysissä tarvittavan erillisen projektisuunnitelman tekemistä.
- vuonna 2005 Motivan koordinoiman pk-yritysten PATE-analyysiohjelman tekemisen ohjeistamiseksi.

PATE-analyysi eroaa KTM:n tukemista nk. Motiva-mallin mukaisista energiakatselmuksista, jotka ovat kokonaisvaltaisia selvityksiä rakennuksen ja tuotantoprosessin energian ja veden käytöstä sekä niiden kannattavista tehostamismahdollisuuksista. Energiakatselmuksessa paineilma tarkastellaan yhtenä energiankäytön osatekijänä, jolloin tarkastelujen syvyystaso ja painoarvo määräytyvät kokonaisenergiankäytön ja säästämahdollisuuksien muodostaman kokonaisuuden perusteella. Energiakatselmuksissa ei ole ohjeistettu yksityiskohtaisella tasolla yksittäisen järjestelmän, kuten paineilma, katselmointia.

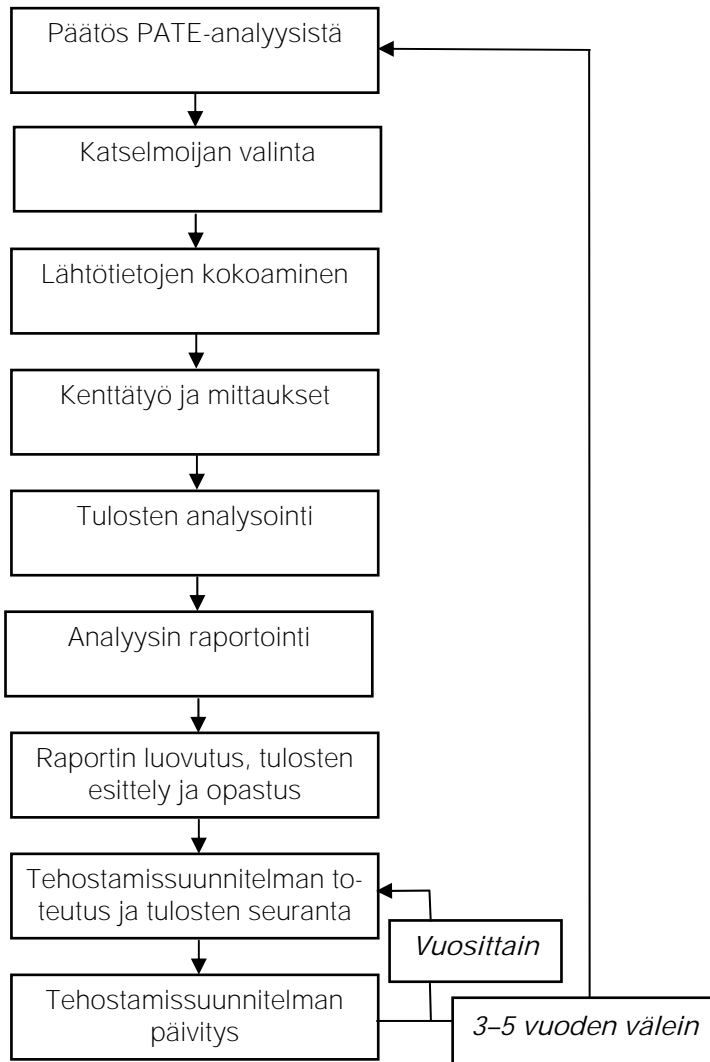
PATE-analyysin lähtökohtana on sen sijaan keskittyä vain ja ainoastaan paineilman energiatehokkuuden parantamiseen. PATE-analyysin yksityiskohtaisen ohjeistuksen tavoitteena on löytää mittauksiin perustuen säästöjä, jotka kaikki eivät välttämättä tulisi ilmi riittäväällä tarkkuudella kokonaisvaltaisessa energiakatselmuksessa. PATE-analyysin ohjeistusta voidaan tietysti myös hyödyntää kaikissa Motiva-energiakatselmuksissa soveltuvin osin kohteen paineilman energiankäytön erityispiirteet huomioiden. PATE-analyysi voidaan ja on myös kustannustehokasta toteuttaa kokonaisvaltaisen energiakatselmuksen yhteydessä siitä tilaajan kanssa erikseen sovittaessa.

PATE-analyysiä voidaan parhaiten soveltaa niissä paineilmajärjestelmissä, joissa on vähintään kaksi kompressoria, joiden yhteinen sähköteho on suuruusluokaltaan vähintään 100 kW tai sähköenergiankulutus vähintään 200 MWh/a. Pienemmissä paineilmalaitoksissa mittauksiin painottuva PATE-analyysi voi olla tarpeettoman ”järee työkalu”.

PATE-analyysimallin määrittelyillä edistetään ja tehostetaan paineilmajärjestelmien analysointia sekä yhtenäistetään analyysiin liittyvää raportointia. Malli edesauttaa säästämahdollisuuksien havaitsemista, säästötoimenpiteiden riittävän yksityiskohtaista määrittelyä ja siten myös säästöjen saavuttamista.

PATE-analyysiprosessi

PATE-analyysin käynnistämisen ja toteutuksen päävaiheet ovat kuvassa 1.



Kuva 1. PATE-analyysin päävaiheet.

Huom! Kuvaan ei ole sisällytetty mahdollisen KTM:n tuen hakemista, vaikka se voi olla käytettävissä PATE-analyysillekin prosessiteollisuuden toisen vaiheen analyyseissä sekä vuonna 2005 Motivan koordinoiman PATE-analyysiohjelman kautta. Tuki täytyy aina hakea ennen työn käynnistämistä.

Tehtävien ja niiden laajuuden yleinen määrittely

PATE-analyysin tavoite on paineilmajärjestelmän energiatehokkuuden ja -talouden parantaminen sekä kunnossapidon ja käytettävyyden edistäminen. Tavoitteena on tehostaa paineilman käyttöä, tuottaa tarvittava paineilma tehokkaasti pienemmällä energiamäärällä ja tehostaa syntyvän jätelämmön hyödyntämistä.

PATE-analyysissä käydään läpi paineilmajärjestelmän energiatehokkuuden nykytila, kuitenkin kohdistuen pääosa käytettävissä olevista resursseista arvioitujen tehostamismahdollisuuksien löytämiseen. Mallisisällysluettelossa ja raportoinnissa painotetaan niitä järjestelmän osia ja komponentteja, joista kokemuksen perusteella on löydettävissä merkittävimmät säästöt.

PATE-analyysin "filosofia" lähtee liikkeelle paineilman käyttötarpeista ja tarpeenmukaisesta (= tehokkaasta) käytöstä. Ensin selvitetään paineilman tarpeet (= määrä- ja laatuvaatimukset) käyttöpäässä sitten verkostovuodot ja -rakenne sekä lopuksi paineilman tuotanto.

Paineilma-analyysin kenttätyössä luontevin toimintajärjestys voi olla verkostovuodot, paineilman käyttö ja viimeisimpänä paineilman tuotantoon liittyvät asiat. Tarkastelutapa on kuitenkin kokonaisvaltainen, joten analyysin painopistealueita on suunnattava analyysikohteen mukaan. Järjestelmien rakenne, toiminnat ja asioiden energiataloudelliset merkitykset vaihtelevat kohteittain.

Analysoinnissa havaituille säästö- ja tehostamiskohteille lasketaan vuosisäästöt, tarvittavat investoinnit ja näiden perusteella suora takaisinmaksuaika. Löydettyjen tehostamistoimien ja säästöpotentiaalien perusteella paineilmajärjestelmälle laaditaan toimenpidesuunnitelma.

Merkittävät energiatehokkuuteen vaikuttavat asiat tarkistetaan ja raportoidaan johtopäätöksineen ja perusteluineen, vaikka säästöpotentiaalia ei kaikissa kohdin löydetäisikään. Käyttö- ja kunnossapitotoiminnasta raportoidaan asiat, jotka vaikuttavat välillisesti energiankulutukseen tai laitteiden toimintaan. Raportoinnin laajuudessa voidaan joustaa kohteen mukaan ja käyttää kohdekohtaista painotusta kuitenkin siten, ettei raportin laatu, kattavuus ja säästöpotentiaalien löytäminen heikkene.

Jo PATE-analyysin aikana ja sen jälkeen tulee pyrkiä vaikuttamaan mahdollisuuksien mukaan siihen, että ehdotettuja kannattavia säästötoimenpiteitä toteutettaisiin. Tätä voidaan auttaa mm. antamalla raportissa riittävän selkeät ohjeet toimenpiteiden toteutuksesta, avustamalla toteutuksessa tai pitämällä säännöllistä yhteyttä toteutusvastuussa olevaan henkilöön

Koska paineilmajärjestelmien energiatehokkuuden selvittäminen edellyttää runsaasti kenttätyötä ja keskittymistä työhön vieraassa työympäristössä (sähkö-, paine- ja ilmavirtamittaukset, paineilmalaitteiden tarkastelu...), on työturvallisuuteen kiinnitettävä aivan erityistä huomiota.

PATE-analyysiraportti koostuu seuraavista luvuista:

1 Yhteenveto paineilman energiataloudesta ja ehdotetuista säästötoimenpiteistä

Kohteen lyhyt esittely sekä yhteenveto analyysin keskeisistä tuloksista taulukoissa 1 ja 2,

- Taulukko 1. Yhteenveto energiatehokkuudesta ja säästöpotentiaalista
- Taulukko 2. Yhteenveto ehdotetuista energiatehokkuustoimenpiteistä. Toimenpiteet esitetään toteuttamisjärjestyksessä.

Yhteenvedossa esitetään kohteen paineilman sähköenergiankäyttö sekä sähkön, lämmön ja veden säästöpotentiaalit.

2 Kohteen perustiedot ja käytön nykytila

Kohteen perustiedot sekä paineilmatuotannon ja -järjestelmän sekä käyttökohteiden lyhyt kuvaus.

3 Paineilman energiatehokkuuden analysointi

Paineilmajärjestelmän tärkeimpien osien ja nykyisen toiminnan energiatehokkuuden kuvaus sekä parannusehdotusten esittely investoineineen. Mittaukset ja niiden tulosten analysointi.

4 Toimenpide-ehdotukset ja vaikutukset

Yhteenveto ehdotettavista tehostamistoimenpiteistä ja niiden vaikutuksista sekä esitys toteutusjärjestyksestä.

5 Energiatehokkuuden seuranta ja ylläpito

Toimenpiteet paineilmajärjestelmän energiatehokkuuden ylläpitämiseksi ja kehittämiseksi paineilma-analyysin jälkeen.

Mallisisällysluettelo kattaa erilaiset paineilmajärjestelmät, joten kaikki raportin alakohdat eivät välttämättä sovi sellaisenaan jokaiseen analyysikohteeseen. Analyysiraportti toimii myös asioiden tarkastelun muistilistana, joten siinä esitetään myös ne alakohdat, joiden käsittely ei ole tarkasteltavan kohteen paineilmajärjestelmästä johtuen välttämätöntä. Näiden alakohtien alla voidaan kirjoittaa esimerkiksi "Järjestelmää ei ole tässä kohteessa."

Paineilma-analyysin mittaukset

Paineilma-analyysin aikana tehtävien mittausten tarkoituksena on luoda kokonaiskuva ja pohja paineilmajärjestelmän energiankäytön ja energiatehokkuuden arvioimiseksi sekä mahdollistaa johtopäätösten teko toiminnan tehostamiseksi.

Mittausten on katettava toiminnan kannalta kaikki merkittävät jaksot,

- tuotanto eri vaiheineen
- tauko aika
- seisokkiaika.

Mittaustulosten ja niiden pohjalta tehtävien johtopäätösten pohjana on oltava luotettavat ja ajan tasalla olevat mittaukset, jotka voivat perustua

- kalibroituihin käyttömittauksiin
- aiemmin tehtyihin mittauksiin (takuu- ja kunnonvalvonta)
- analyysissä tehtäviin mittauksiin.

Analyysissä arvioidaan ja esitetään tehtyjen ja käytettyjen mittausten tarkkuus, luotettavuus ja edustavuus. Analyysissä esitetään myös energiataloudellisen seurannan kannalta esiintyvät puutteet mittaroinissa.

Mittausten, mittaussjärjestelyjen ja niiden tulkinnan osalta on muistettava, että

- ilma on kokoonpuristuvaa, joten muutokset verkoston eri osissa ovat sängen hitaita
- käyttötavat ja -tilanteet, vuodot jne. muuttuvat alati, joten liialliseen tarkkuuteen mittauksissa ei kannata pyrkiä
- ohjeita ja vaatimuksia on sovellettava ottamalla huomioon kyseisen kohteen erityisominaisuudet tavoitteena kohteen energiatalouden parantaminen.

PATE-analyysissä tehdään seuraavat mittaukset ja tarkastukset:

<i>Mittaus</i>	<i>Mittaustapa</i>	<i>Mittausjakso/-kohde</i>	<i>Tarve</i>
Kompressorin sähkötehomittaus	• Seuranta-mittaus	• työaika • tauko aika • seisokkiaika	Välttämätön
Kompressorien toimintarajat	• Kertamittaus	• Kertamittaus kompressoreittain (ylä- ja alapaine)	Välttämätön
Verkostopaine	• Seuranta-mittaus	• Kompressorin jälkeen (tuottopaine) • Paine jälkikäsitellyn jälkeen • Kriittiset pisteet, 1...3 (...n) kpl	Suosittelava
Ilmavirta	• Seuranta-mittaus	• Päähaara • Merkittävät sivuhaarat	Suosittelava
Kompressorihuoneen /imuilman lämpötila	• Seuranta-mittaus	• Seurantamittaus huoneilmasta/ imukanavasta	Välttämätön
Kuivaimelle menevän paineilman lämpötila	• Kertamittaus	• Kertamittaus kompressoreittain	Välttämätön
Kuivaimen sähköenergian käyttö	• Kertamittaus	• Toimintajakson pituinen jakso	Suosittelava
Kastepiste	• Kerta-tarkastus	• Kuivaimen näyttö	Välttämätön
Ilma-/vesijäähdytyksen häviölämpö	• Kertamittaus	• Lämmöntalteenoton (LTO) toimintatarkistus • LTO-potentiaalin selvitys ja laskenta	Välttämätön

Kompressorien sähkötehot on pyrittävä mittaamaan samanaikaisesti, jotta voidaan vakuuttaa mm. kompressorien käyntijärjestyksestä. Käytännössä tämä useimmiten tarkoittaa, että mittaukset on tehtävä samalla mittausyksiköllä.

Kompressorien toimintarajat (ylä- ja alapaine) selvitetään kompressoreittain, jolloin voidaan osaltaan varmistua kompressoreiden oikeasta kytkentäjärjestyksestä.

Verkostopaine

Verkostopaine mitataan

- välittömästi jälkikäsitteilylaitteiden jälkeen sekä
- suurempien kompressorien kohdalla myös heti kompressorin jälkeen ja
- verkoston oletetuista kriittisimmistä pisteistä, joissa paineen alentamisen otaksutaan aiheuttavan haittaa tai häiriötä tuotannolle.

Pienempien kompressorien jälkeinen verkostopaine luetaan paikallisesta mittarista. Oletetuista kriittisimmistä verkostopisteissä mitattujen paineiden perusteella voidaan päätellä, miten paljon verkostopainetta voidaan alentaa. Paineen alentaminen voidaan toteuttaa vasta, kun on määritelty kriittisimmät käyttäjät. Paineen alentaminen on tehtävä kokeellisesti ja vähitellen ottaen huomioon myös mahdolliset muuttuvat painehäviöt jälkikäsitteilylaitteissa (esim. suodattimet).

Ilmavirta suositellaan mitattavaksi. Ilmavirran mittaukset erityisesti isoissa kohteissa ovat lähes välttämättömiä, mutta ilmavirtamittauksen toteutus voi joskus olla esteenä mittauksille. Ilmavirta mitataan päärunkoputkesta ja tarvittaessa keskeisistä päälinjoista. Ilmavirtamittaukset tehdään samanaikaisesti kompressorimittausten kanssa.

Kompressorihuoneen tai imuilman lämpötila mitataan seurantamittauksena, sillä sen lämpötila saattaa vaihdella hyvinkin huomattavasti mm. ilmanvaihdon toiminnan, kompressorikuorman ja ulkoisten olosuhteiden mukaan.

Kuivaimelle menevän paineilman lämpötilan mittaaminen kompressoreittain on tarpeen, jotta varmistutaan mm. kompressorien jälkeisen paineilman jäähdytyksen asianmukaisesta toiminnasta.

Kuivaimen sähköenergiankäyttö selvitetään vain isojen jäähdytyskuivaimien osalta lyhyellä toimintajakson kestäväällä kertamittauksella, jonka aikana varmistetaan, että toimintarvot ovat kohdallaan. Adsorptiokuivaimen energiakäyttöön suositellaan seurantamittausta varmistamaan todellinen energian tarve.

Kastepisteen tarkistamisella kuivaimen toiminta-arvoista varmistetaan, ettei paineilmaa kuivata tarpeettomasti.

Kompressorin häviölämpövirtamittaus rajoittuu vain kompressorin ympärille. Häviölämmön hyödyntämisen selvittäminen ei kuulu PATE-analyysin piiriin, mutta se voidaan toteuttaa erikseen tilaajan kanssa niin sovittaessa.

Mittausten kesto

Mittausjakson on katettava tyypilliset käyttötilanteet ja sen oltava vähintään yksi vuorokausi. Mittausjakson on kuitenkin mieluiten sisällettävä sekä tyypillisiä arkivuorokausia että viikonloppu. Jakso kattaa tuotannon eri vaiheissa esiintyvät vaihtelut, seisokki- ja taukoajat. Yli viikon menevällä mittausjaksolla ei välttämättä saada enää mitään olennaista uutta esille järjestelmän toiminnasta.

Mittausväli on valittava siten, että mittaustuloksia voidaan arvioida luotettavasti. Käynninohjauksen toiminnan todentamiseksi tavanomaisessa kohteessa suositellaan mittausväliksi 1-10 sekuntia. Muun toiminnan selvittämiseksi voidaan kohteen vaatimusten ja mittausjakson pituuden mukaan käyttää pitempääkin mittausväliä.

Liian pitkä mittausväli estää tulosten luotettavan tulkinnan. Jos mittauksissa käytetään pitkiä mittausvälejä, on jo etukäteen varmistuttava, että tämä ei haittaa tulosten tulkintaa!

PATE-analyysin muut tutkimusmenetelmät

Kokonaiskuva analysoitavan kohteen energiatehokkuudesta muodostetaan mittausten lisäksi mm. haastatteluilla paineilman käyttötavoista ja niiden kehittämisestä. Merkittävimpien laitteiden ilmavirrat selvitetään suunnittelutietojen perusteella. Paineilman laatutasovaatimukset selvitetään suunnittelutietojen perusteella mm. painetasovaatimuksiltaan kriittisimpien laitteiden osalta. Myös aiemmin tehdyt paineilmaa koskevat selvitykset sekä huoltokirja ja korjaushistoria ovat usein hyödyllisiä tiedon lähteitä.

Lisäksi voidaan hyödyntää valmistajien ja laite-edustajien materiaalia ja asiantuntemusta, erilaisia tarkastuslistoja ja Motivan energiakatselmoijan käsikirjaa. Käsikirja sijaitsee Motivan verkkosivuilla katselmoijien extranet-palvelussa, johon kirjautuminen vaatii tunnukset.

Kansainvälisiä paineilman tarkastuslistoja ja paineilman energiatehokkuutta käsitteleviä julkaisuja löytyy esimerkiksi osoitteista:

- <http://energyefficiency.jrc.cec.eu.int/motorchallenge/> (EU Motor Challenge)
- <http://www.3e.uct.ac.za/download.htm> (EU Energy Efficiency Earnings)
- http://www.oit.doe.gov/bestpractices/compressed_air/ (US Department Of Energy)

Osa 2 Laajennettu mallisisällysluettelo

Sisältö

Esipuhe	19
1 Yhteenveto paineilman energiataloudesta ja ehdotetuista säästötoimenpiteistä	21
1.1 Analyysikohde	21
1.2 Energiatehokkuus ja säästöpotentiaali	21
2 Kohteen perustiedot ja paineilman nykytila	24
2.1 Analyysin lähtötiedot	24
2.1 Paineilman tuotanto, jakelu ja käyttö	24
2.3 Paineilman energiankulutus	24
2.4 Paineilman huolto ja kunnossapitokäytännöt ja energiaterhokkuuden seuranta	24
3 Paineilmajärjestelmän energiaterhokkuuden analysointi	25
3.1 Paineilman käyttöympäristö	25
3.1.1 Käyttöalueet	25
3.2 Paineilman tuotanto ja jälkikäsitteily	25
3.2.1 Tuotantoyksiköt ja painetasot	25
3.2.2 Esi- ja jälkikäsitteilylaitteet	25
3.2.3 Painetasot	26
3.2.4 Ohjaus-, säätö- ja ajotavat	26
3.2.5 Kompressorien jäähdytys ja lämmöntalteenotto	26
3.2.6 Kompressorihuone ja imuilma	26
3.3 Paineilman jakelu	26
3.3.1 Putkistot	26
3.3.2 Verkoston vuotokartoitus	26
3.4 Paineilman käyttökohteet	27
4 Toimenpide-ehdotukset ja vaikutukset	28
4.1 Laskentaperusteet	28
4.2 Toimenpide-ehdotukset	28
4.3 Jatkoselvitykset ja -tutkimukset	28
5 Energiaterhokkuuden seuranta ja ylläpito	29
5.1 Tehostamissuunnitelma	29
5.2 Energiaterhokkuuden seuranta ja raportointi	29
5.3 Tiedottaminen ja henkilöstön koulutus	30
5.4 Uusintamittaukset	31
5.5 Uusintakatselmukset	31
Liitteet	
Liite 1 Valokuvia	
Liite 2 Mittaustuloksia	
Liite 3 Muut liitteet	

Esipuhe

- Kohde
- Viitekehys
- Toteutusaika
- Tekijät
- Asiakkaan edustajat

1 Yhteenveto paineilman energiataloudesta ja ehdotetuista säästötoimenpiteistä

Kappaleessa esitellään lyhyesti analyysikohte sekä kootaan yhteen analyysin keskeiset tulokset.

1.1 Analyysikohte

Sanallinen analyysikohteen esittely, jossa kuvataan lyhyesti mm

- kohteen nimi
- osoite
- toimialaluokka (TOL 2002)
- tuotantosuunta
- katselmuksen tekijät
- ajankohta.

Keskeisimmät paineilman käyttökohteet tarkasteltavassa kohteessa kuvataan hyvin yleisellä tasolla.

1.2 Energiatehokkuus ja säästöpotentiaali

Taulukossa 1 esitetään kohteen nykyinen paineilman sähkönkulutus sekä sähkön, lämmön ja vedensäästöpotentiaalit toimenpiteillä, joiden takaisinmaksuaika on alle 10 vuotta sekä tarvittavat investoinnit. Prosentuaaliset säästöt on laskettu lämmön, sähkön ja veden osalta energiansäästöinä ja kokonaiskustannusten osalta kustannussäästöinä.

Taulukko 1. Yhteenveto paineilman energiankulutuksesta ja säästötoimenpiteiden vaikutuksista sähkön, lämmön ja veden kulutukseen.

<i>Nykyinen paineilman kulutus</i>	<i>Säästöpotentiaali</i>		<i>Kokonaisinvestointi</i>
2004			
Sähköenergia MWh/a EUR/a	Sähköenergia MWh/a EUR/a tCO ₂ /a	% % %	EUR
	Lämpöenergia MWh/a EUR/a tCO ₂ /a		EUR
	Vedenkulutus m ³ /a EUR/a		EUR
<i>Kulutukset yhteensä</i>	<i>Säästöt yhteensä</i>		<i>Investoinnit yhteensä</i>
EUR/a	EUR/a tCO ₂ /a		EUR

Taulukko 2. Yhteenveto paineilmaan liittyvistä energiansäästötoimenpiteistä toteuttamisjärjestyksessä

Kohde: 2.3.2005																	
Kiinteistörekisteritunnus																	
n	TOIMEN- KU-	SÄÄST	TM	IN- TO-	CO ₂ VÄHENEM YHT-	SÄÄST				SÄÄST				SÄÄST		RAPOR TI KOHT	SOVITUT JATKO TOIMET T,P,H,E
		YHT-				LÄMP				SÄHK				VESI			
						energia	CO ₂	kustannukset		energia	CO ₂	kustannukset		ves	kustan- nukset		
								energia	muu			energia	muu				
EUR/a	MWh/	t	EUR/a	EUR/a	MWh/	t	EUR/a	EUR/a	m ³ /a	EUR/a							
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
17																	
18																	
19																	
20																	
21																	
22																	
23																	
24																	
25																	
26																	
	YHTEENSÄ	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

2 Kohteen perustiedot ja paineilman nykytila

Luvussa esitetään kohteen perustiedot lyhyesti. Luvussa esitetään myös paineilman tuotanto-, energiankulutus- ja -kustannustiedot sekä huolto- ja kunnossapitoasiat.

2.1 Analyysin lähtötiedot

Kohteen perustiedot lyhyesti, tarkasteluvuosi ja sen edustavuus vertailuvuodeksi tuotannon, käyttöaikojen, korjausten ym. kannalta.

Analyysin lähtötietojen tiedonlähteet, saadut raportit, aikaisemmin tehdyt tutkimukset ja tärkeimmät aiemmin tehdyt mittaukset.

2.2 Paineilman tuotanto, jakelu ja käyttö

Paineilmatuotannon ja -järjestelmien sekä käyttökohteiden lyhyt kuvaus.

2.3 Paineilman energiankulutus

Yhteenvetona edellisen vuoden paineilman kokonaistuotanto, energiankulutus ja -kustannus ja kompressorien käyttötunnit siltä osin kuin tiedot ovat saatavissa. Tietojen puuttuessa esitetään karkea laskennallinen arvio nykytilanteesta.

2.4 Paineilman huolto- ja kunnossapitokäytännöt ja energiatehokkuuden seuranta

Yhteenveto paineilman huolto- ja korjauskäytännöistä, varakoneista ja sulkumahdollisuuksista sekä paineilman sähkönkulutuksen seuranta- ja raportointimenetelmistä.

3 Paineilmajärjestelmän energiatehokkuuden analysointi

Luvussa analysoidaan paineilmalaitoksen tärkeimpien osien ja energiatehokkuuden nykyistä tilaa, käyttö- ja kunnossapitomenetelmiä sekä esitetään energiatehokkuuden parannustavat mahdollisine investointitarpeineen. Luvussa käsitellään myös laitekohtaiset kunnonhallintaruutiinit, mikäli niillä on merkitystä laitteiston energiatalouteen.

Parannuskohteiden tekniset asiat mm. toimenpiteen kuvaus, investointi, muut vaikutukset, esim. käytettävyys ja taloudelliset seikat käsitellään luvussa 4.

3.1 Paineilman käyttöympäristö

3.1.1 Käyttöalueet

Paineilman tärkeimmät käyttötarkoitukset ja merkittävimmät kulutuskohteet esitellään lyhyesti

- Rakennukset, kone- ja laitetypit, joissa paineilmaa käytetään
- Paineilman kokonaistarve, käyttöaika, painetaso

3.2 Paineilman tuotanto ja jälkikäsittely

3.2.1 Tuotantoyksiköt ja painetasot

Paineilma-asemien kompressorit ja jälkikäsittelylaitteet esitellään luettelomaisesti

- Merkki malli, tyyppi, vuosimalli, tuotto, maksimipaine, sähköteho, jäähdytystapa, paineensäätötapa, käyttötunnit ja huoltotilanne sekä mahdolliset erityispiirteet
- Kompressorien ominaistehot kW/m³/min
- Paineilman kokonaistuotannon ominaisteho kW/m³/min
- Arvio tuotannon energiatehokkuudesta ja kehittymismahdollisuuksista

3.2.2 Esi- ja jälkikäsittelylaitteet

Jäähdytyskuivaimet

- Merkki, malli, läpivirtauskapasiteetti, sähköteho, vuosimalli, tilaindikaattorin väri, sisääntuloilman lämpötila, kunto/viat, kastepiste ja sen arviointi

Muut kuivaintypit

- Vastaavat tiedot

3.2.3 Painetasot

Käytetyt ja tarvittavat painetasot

- Kompressorien painealueet (asetetut käynnistys ja pysäytysrajat)
- Korkeimmat painevaatimukset omaavat laitteet verkonosittain tai tuotantohalleittain

Painetason vaihtelut

- Painevaihtelujen selvittämiseksi verkostossa suositellaan seurantamittausta
- Kriittisimpien käyttöpisteiden tunnistaminen/selvitys
- Painetason vaihtelujen mittaaminen kriittisimmissä pisteissä

Painesuositukset ja korjausehdotukset

3.2.4 Ohjaus-, säätö- ja ajotavat

- Kompressorien ohjaus- ja säätöautomaatiikka sekä käyntijärjestys, kunto/viat
- Sähkötehomittaus automaatiikan toimintojen varmistamiseksi

3.2.5 Kompressorien jäähdytys ja lämmöntalteenotto

- Jäähdytystapa, ilmajäähdytteille tuloilman lämpötila ja vesijäähdytteille tulo- ja menoveden lämpötilat, kunto/viat
- Olemassa olevien kompressorien lämmöntalteenottotoimintojen tarkistus: lämpötilat, virtaamat ja käyttökohteet, laitteiden kunto ja viat. Ellei lämmön talteenottoa ole, niin selvitetään kompressorien häviölämmön mahdollinen talteenottotapa ja säästöpotentiaali

3.2.6 Kompressorihuone ja imuilma

- Kompressorihuoneen sijainti, tuloilman kanavointi ja lämpötila kesällä/talvella, ilman puhtaus ja kosteus, poistoilman käsittely, kunto/viat

3.3 Paineilman jakelu

3.3.1 Putkistot

- Kuvataan lyhyesti pääpiirteittäin putkiverkostot, syöttölinjojen halkaisijat, pääreitit, säiliöiden sijainti verkossa ja niiden tilavuus, ilmasto-olosuhteet reitin varrella, sulkumahdollisuudet ja niiden riittävyys, tunnetut pullonkaulat, kunto ja viat. Voidaan esittää osin myös liittämällä verkostokaavio liitteeksi.

3.3.2 Verkoston vuotokartoitus

Putkisto- ja laitekartoitus

- Verkoston haarojen läpikäynti ultraääni-ilmaisijalla tai aistinvaraisesti ja havaittujen vuotokohteiden merkintä esimerkiksi huomio-lapuilla tai teipeillä

Vuotomittaus

- Sähkötehomittaus kompressorien syöttökaapeleista tehomittarilla
- Mahdollinen ilmavirtamittaus syöttöjohdoista virtaamamittarilla

Mittausjakson on oltava riittävän pitkä, esim. viikko, jotta se kattaa yöt ja viikonloput. Analysointi tehdään mittausten perusteella.

3.4 Paineilman käyttökohteet

- Merkittävät käyttökohteet, ilmavirta-arviot, käyttötavat, osuus kokonaiskulutuksesta
- Selvitykset käyttötarpeesta, korvaavista ratkaisuista, kunnosta ja vioista
- Ehdotukset käyttötapamuutoksiksi ja vikojen korjaamiseksi

4 Toimenpide-ehdotukset ja vaikutukset

Luvussa kerrotaan analyysin tulokset selkeinä tehostamissuunnitelmina, joista käy ilmi tarvittavat toimenpiteet, niiden arvioidut hankintakustannukset, energiansäästövaikutukset sekä yksinkertainen (suora) takaisinmaksuaika. Tavoitteena on esittää tehostamiskohteet, joissa ehdotusten takaisinmaksuaika on alle kymmenen vuotta. Myös muita toimenpide-ehdotuksia voidaan esitellä, jos tarkastelulle on energiansäästön ohella muita merkittäviä perusteita.

Eri toimenpiteiden ehdotetut parannukset kerrotaan tekstimuodossa ja keskeiset luku-arvot (energiansäästö, kustannustensäästö, investointi ja takaisinmaksuaika) esitetään määrämuotoisesti toimenpiteen perässä.

Kaikki ehdotetut toimenpiteet, joiden takaisinmaksuaika on alle 10 vuotta, kootaan yhteenvetotaulukkoon 2.

4.1 Laskentaperusteet

Lähtöarvoina esitetään käytetyt sähkön, lämmön, veden ja paineilman hinnat ilman arvonnalisäveroa.

4.2 Toimenpide-ehdotukset

Toimenpiteiden lyhyet selkeät kuvaukset toteutusjärjestyksessä ottaen huomioon mm. hankkeiden keskinäiset riippuvuudet, samanaikaisen toteutuksen edut sekä paineilmatuotannon käytettävyyksivaatimukset, tarvittaessa kuvilla selvennettyinä.

Esitetään laskemien olettamukset, käytetyt lähtöarvot ja keskeiset tulokset, joissa esitetään nykyinen tilanne ja toimenpiteen jälkeinen ”uusi” tilanne.

4.3 Jatkoselvitykset ja -tutkimukset

Kappaleessa esitetään analyysin aikana havaitut asiat tai säästöpotentiaalit, jotka vaativat lisäselvitysten tekemistä tai joissa ehdotetaan muita jatkotoimenpiteitä.

Kappaleessa käsitellään toimenpiteet paineilmalaitoksen energiatehokkuuden ylläpitämiseksi ja seuraamiseksi varsinaisen paineilma-analyysin toteuttamisen jälkeen. Paineilmalaitokselle määritellään toimintarutiinit, suoritusarvot ja tavoitearvot, joita yrityksessä tulisi energiatehokkuuden ylläpitämiseksi ja parantamiseksi seurata. Suositukset esitetään lyhyesti ja ytimekkäästi, mutta riittävän tarkasti.

Energiatehokkuustoiminnan tarkoituksena on ylläpitää vähintään saavutettu tehokkuustaso, mutta ennen kaikkea luoda organisaatiolle toimintamalli, jolla energiatehokkuutta voidaan jatkuvasti parantaa. Jotta PATE-analyysi ei jää yksittäiseksi hankkeeksi, vaan tulisi osaksi yrityksen normaalia toimintaprosessia, tulisi energiatehokkuuden parantaminen liittää ympäristö-, laatu-, tai muihin yrityksen toimintajärjestelmiin. Energiatehokkuuden seurantatietoja voidaan myös käyttää kustannusten allokoinnissa ja kannustejärjestelmissä hyväksi.

5.1 Tehostamissuunnitelma

Paineilma-analyysin loppuraportin tärkeimmät tulokset ovat toimenpide-ehdotukset ja suositukset. Raportin luovutuksen ja tulosten esittelyn jälkeen vastuu ehdotusten ja suositusten toteuttamisesta jää tehtaalle. Yrityksen tulee arvioida toimenpiteiden tekninen sovellettavuus ja taloudellinen kannattavuus omilla kriteereillään. Toteutuskelpoisista ehdotuksista tehdään tarvittavat hankintasuunnitelmat ja toteuttaminen vastuutetaan. Tämä on ehdottoman tärkeää. Ennen toteutukseen ryhtymistä kannattaa tarkastaa voidaanko hankesuunnitelmien investoinnit ja oman työn osuudet kootaan yhteen ja lähettää nämä TE-keskukseen energiainvestointitukihakemuksena.

Paineilma-analyysi ja sen tulosten hyödyntäminen parantaa energiatehokkuuden ohella paineilman saataavuutta, laatua ja käyttövarmuutta. Samalla se myös tukee yrityksen ympäristöjärjestelmän tavoitteita, kustannusten kohdentamista aiheuttajalle ja voidaan liittää esimerkiksi kannustetoimintaan ja tulospalkkaukseen.

5.2 Energiatehokkuuden seuranta ja raportointi

Paineilma-analyysissa annetaan ohjeita ja esitetään hyviä käytäntöjä energiatehokkuuden seuraamiseksi ja ylläpitämiseksi. Paineilmakompressorien vuotuista sähkönkulutusta ja käyttötunteja tulee seurata ja raportoida säännöllisesti. Huoltokirjaa tulee pitää huoltotöistä, korjauksista ja toimintahäiriöistä. Suodattimien tarkastus ja kompressorien huolto on vähintään kerran vuodessa tehtävä ylläpitotoimi.

Paineilman energiankulutuksen ja vuotojen seurannan tulisi olla käyttöhenkilöstölle tuttua ja jatkuvaa toimintaa. Paineilman kulutuksen seuranta ja parannustoimenpiteet voi liittää

laatu- tai ympäristöympäristöjärjestelmän raportointiin tai pitää energiankäyttöraportoinnin osana.

Raportissa on hyvä korostaa, että PATE-analyysi luo pohjan paineilman energiatehokkuuden parantamiselle, mutta se ei yksin riitä. Paineilman energiatehokkuus voidaan saada projektista prosessiksi, kun paineilmalle nimetään kohteessa vastuuhenkilö, jolle osoitetaan resurssit hoitaa paineilman energiatehokkuutta. Vastuuhenkilön nimeämisen ja analyysissä havaittujen toimenpiteiden toteuttamisen lisäksi on tärkeää, että paineilman energiatehokkuudella on reaaliaikainen mittari, josta nähdään paineilman energiatehokkuus ja jota seurataan. Hyvä energiatehokkuuden mittari perustuu paineilman ominaistehon laskemiseen. Ominaisteho voidaan laskea jakamalla mitattu ilmavirta paineilmajärjestelmän sähköteholla. **Karkeana nyrkkisääntönä** voidaan pitää, että ominaistehon ylittäessä $7 \text{ kW/m}^3/\text{min}$, on jotain mahdollisesti pielessä. Ominaisteho riippuu kuitenkin monista tekijöistä (mm. painetaso ja jälkikäsitelylaitteet), joten sopiva ominaistehotavoite määräytyy aina tapauskohtaisesti!

Paineilman vastuuhenkilön on jatkossa yhdessä yrityksen tuotanto-, huolto- ym. henkilöstön kanssa määriteltävä ne suunnittelu- ja hankintaperusteet, joiden mukaan paineilmajärjestelmän muutokset yrityksessä toteutetaan. Paineilmalaitosten energiatehokkuuteen vaikuttaa merkittävästi millä laitteilla paineilma on tuotettu ja miten sitä on jälkikäsitelty, esimerkiksi

- väljä laitemitoitus (kuivain, jälkijäähdytin...) minimoi painehäviöt
- puhdas, öljytön ilma vähentää suodattimien likaantumista
- laitoksen paineilman omakäyttö on minimoitu (vrt. ilmaelvytteinen kuivain).

Oleellinen tekijä paineilman osalta on, että kustannukset kohdennetaan sinne, missä kustannukset aiheutetaan. Tämä taas vaatii osastokohtaisen paineilman mittaamisen ja kustannusten jyvittämisen kyseisten mittausten perusteella. Vuodot kuuluvat joko paineilman vastuuhenkilölle tai tuotanto-osastoille. Kun paineilmaa mitataan osastoittain ja kustannukset jyvitetään sen mukaan, vuodot alkavat kiinnostaa, koska niiden korjaaminen lisää osaston tulosta.

5.3 Tiedottaminen ja henkilöstön koulutus

Henkilökunnalle kannattaa tiedottaa paineilman energiankulutuksen merkittävydestä jo paineilma-analyysin suorituksen aikana ja sen jälkeen normaaleissa käyttötilanteissa. Koko henkilöstölle tulee jakaa vastuuta paineilman väärin ja turhien käyttöjen tunnistamisesta ja välttämistä sekä vuotojen havainnoimisesta ja tiedottamisesta.

Koko henkilöstön kattavaan lyhyeen paineilmakoulutukseen tai tietoisuuteen voi sisältyä esimerkiksi

- vuotohavaintojen ja -ilmoitusten tekeminen
- paineilman väärin käyttökohteiden välttäminen
- verkoston osien sulkeminen ja kompressorien pysäyttäminen seisokkien ajaksi.

5.4 Uusintamittaukset

Suositus 1:

Paineilmalaitoksen samanaikainen sähköntehon ja ilmavirran kontrollimittaus tehdään vuoden sisällä PATE-analyysistä, kun pääosa toteuttamiskelpoisista ehdotuksista on toteutettu.

5.5 Uusintakatselmukset

Suositus 2:

PATE-analyysi uusitaan noin kolmen vuoden kuluttua edellisestä tai kun merkittäviä muutoksia on tehty paineilmaverkoston tai paineilmaa käyttäviin koneisiin ja laitteisiin.

LIITTEET

Valokuvia, teknisiä asiakirjoja ym.

Mittaustuloksia ja tarkastuslistoja

Lisätietoja aihepiiristä (kompressorit, LTO, vuodot, jälkikäsittely jne.)

PATE-ANALYYSI

Mallila Oy Mallitehdas
Tehdastie 13
12345 Mallila

25.3.2005

Pate Ilmanen
Kalle Kompura

Esimerkkiraportin kohde on kuvitteellinen ja varsin laaja. Pienemmissä järjestelmissä raportti voi olla suppeampi PATE-analyysiohjeen mukaisesti.

Sisällysluettelo

1	Yhteenveto paineilman energiataloudesta ja ehdotetuista säästötoimenpiteistä	41
1.1	Analyyssikohde	41
1.2	Energiatehokkuus ja säästöpotentiaali	42
2	Kohteen perustiedot ja paineilman nykytila	44
2.1	Analyyysin lähtötiedot	44
2.2	Paineilman tuontanto, jakelu ja käyttö	44
2.3	Paineilman energiankulutus	45
2.4	Paineilman huolto- ja kunnossapitokäytännöt ja energiatehokkuuden seuranta	46
3	Paineilmajärjestelmän energiatehokkuuden analysointi	48
3.1	Paineilman käyttöympäristö	48
3.1.1	Käyttöalueet	48
3.2	Paineilman tuotanto ja jälkikäsittely	48
3.2.1	Tuotantoyksiköt ja painetasot	48
3.2.2	Esi- ja jälkikäsittelylaitteet	50
3.2.3	Painetasot	50
3.2.4	Ohjaus-, säätö- ja ajotavat	52
3.2.5	Kompressorien jäähdytys ja lämmöntalteenotto	56
3.2.6	Kompressorihuone ja imuilma	56
3.3	Paineilman jakelu	57
3.3.1	Putkistot	57
3.3.2	Verkoston vuotokartoitus	58
3.4	Paineilman käyttökohteet	61
4	Toimenpide-ehdotukset ja vaikutukset	65
4.1	Laskentaperusteet	65
4.2	Toimenpide-ehdotukset	65
4.3	Jatkoselvitykset ja tutkimukset	69
5	Energiatehokkuuden seuranta ja ylläpito	70
5.1	Tehostamissuunnitelma	70
5.2	Energiatehokkuuden seuranta ja raportointi	71
5.3	Tiedottaminen ja henkilöstön koulutus	71
5.4	Uusintamittaukset	71
5.5	Uusintakatselmukset	71

Liitteet

- 1 Paineilmakeskuksen laite- ja verkostokaavio
- 2 Metalliosaston pohjapiirustus ja paineilmaverkosto
- 3 Kiviainesosaston pohjapiirustus ja paineilmaverkosto
- 4 Paineilman kulutuksen jakauman Sankey-diagrammi
- 5 Valokuvat

Esipuhe

Tässä PATE-analyysiraportissa esitetään Mallila Oy Mallitehtaan paineilmajärjestelmien nykytilanne sekä mahdollisuudet pienentää järjestelmän energian ja veden kulutusta. Säästötoimenpide-ehdotuksille on esitetty toteutuksen kokonaisvaikutukset, saavutettavat säästöt, investoinnit ja investointien takaisinmaksuajat sekä säästötoimenpiteiden vaikutukset hiilidioksidipäästöihin. Raportti perustuu tammi-maaliskuussa 2005 tehtyihin selvityksiin ja mittauksiin.

PATE-analyysi on tehty osana Motivan koordinoimaa PATE-projektia. PATE-analyysin ovat rahoittaneet kauppa- ja teollisuusministeriö ja Mallila Oy.

Tilaaajan edustajana tässä selvityksessä on toiminut Markku Malli, joka on toiminut myös kohteen yhdyshenkilönä. Paten Paineilma Oy:ssä projektipäällikkönä on toiminut Pate Ilmanen. Mittausten suorittajina ja selvityksen tekijöinä ovat toimineet Pate Ilmanen ja Kalle Kompura Paten paineilma Oy:stä.

Mallilassa 25.3.2005

Paten Paineilma Oy

Pate Ilmanen

Kalle Kompura

1 Yhteenveto paineilman energiataloudesta ja ehdotetuista säästötoimenpiteistä

1.1 Analyysikohde

Nimi:	Mallila Oy Mallilan Mallitehdas
Osoite:	Tehdastie 13 12345 Mallila
Rakennustyyppi:	691 Teollisuushallit
Toimialaluokka (2002):	287 Muu metallituotteiden valmistus
Analyysin ajankohta ja tekijät:	1.1.- 25.3.2005 Paten Paineilma Oy Pate Ilmanen Kalle Kompura puh. (09) 131 313

Mallila Oy:n Mallitehtaassa valmistetaan kiviainestäytteisiä metallituotteita telakkateollisuuden tarpeisiin. Tehdas jakautuu kahteen osastoon, metallipuoleen ja kiviainespäoleen, jotka sijaitsevat eri rakennuksissa. Tehtaalla on käytössä kiviainespäolella jatkuva 5-vuorotyö ja metallipuolella 1-vuorotyö.

Metallipuolen tärkeimmät osaprosessit ovat

- osavalmistus
- koneistus
- hitsaus
- maalaus.

Kiviainespäolen tärkeimmät osaprosessit ovat

- jauhatus ja kuivaus
- tehtaan sisäiset jauhesiirrot
- lämpökäsittely
- metalliaihoiden täyttö.

Keskeisimmät paineilman käyttökohteet tarkasteltavassa kohteessa ovat

- jauheen pneumaattiset siirtimet
- jäähdytyspuhallukset

- irrotuspuhallukset
- pölysuodattimien paineilmatykit
- puhdistuspuhallukset.

1.2 Energiatehokkuus ja säästöpotentiaali

Taulukossa 1 esitetään kohteen nykyinen paineilman sähkönkulutus sekä sähkön, lämmön ja vedensäästöpotentiaalit toimenpiteillä, joiden takaisinmaksuaika on alle 10 vuotta sekä tarvittavat investoinnit. Prosentuaaliset säästöt on laskettu lämmön, sähkön ja veden osalta energiänsäästöinä ja kokonaiskustannusten osalta kustannussäästöinä.

Hiilidioksidivähenemän laskennassa on käytetty kerrointa 700 kg/MWh. Kaikki raportissa esitetyt hinnat ovat arvonlisäverottomia (ALV 0 %).

Taulukko 1. *Yhteenveto paineilman energiankulutuksesta ja säästötoimenpiteiden vaikutuksista sähkön, lämmön ja veden kulutukseen.*

Nykyinen paineilman kulutus		Säästöpotentiaali			Kokonaisinvestointi
2004					
Sähköenergia		Sähköenergia			
1 898 MWh/a		1 075 MWh/a	57 %		47 580 €
75 907 €/a		42 990 €/a	57 %		
		753 tCO ₂ /a			
	MWh/a	Lämpöenergia	MWh/a	%	€
	€/a		€/a	%	
			tCO ₂ /a		
	m ³ /a	Vedenkulutus	m ³ /a	%	0 €
	€/a		€/a	%	
Kulutukset yhteensä		Säästöt yhteensä			Investoinnit yhteensä
108 407	€/a	42 990	57 %		47 580 €
		753			
		tCO ₂ /a			

Taulukko 2 Yhteenveto paineilmaan liittyvistä energiansäästötoimenpiteistä

Mallila Oy Mallitehdas																	
KIINTEISTÖREKISTERITUNNUS:																	
12345-abc																	
	TOIMENPITEEN	SÄÄSTÖ	TMA	INVES-	CO ₂	SÄÄSTÖ				SÄÄSTÖ				SÄÄSTÖ	RAPOR-	SOVITUT	
	KUVAUS	YHTEENSÄ		TOINTI	VÄHENEMÄ	LÄMPÖ				SÄHKÖ				VESI	TIN	JATKO-	
					YHTEENSÄ	energia	CO ₂	kustannukset		energia	CO ₂	kustannukset		vesi	kustan-	KOHTA	TOIMET
								energia	muut			energia	muut		nukset		
no		€/a	a	€	t/a	MWh/a	t/a	€/a	€/a	MWh/a	t/a	€/a	€/a	m ³ /a	€/a		T,P,H,E
1	Muutetaan paineilma-aseman kompressoreiden käynnin ohjausta	20320	0,0	0	356					508,0	356,0	20320				4.2	T
2	Painetason laskeminen	1800	0,0	0	32					45,0	32,0	1800				4.2	H
3	Vuotojen korjaaminen	640	0,9	580	11					16,0	11,0	640				4.2	P
4	Verkon osien sulkeminen	3200	0,9	2800	56					80,0	56,0	3200				4.2	P
5	Irrotuspuhalluksiin ajastus	3070	0,2	600	54					77,0	54,0	3070				4.2	P
6	Puhdistuspuhalluksiin matalapainepuhallus	1160	2,1	2400	20					29,0	20,0	1160				4.2	P
7	Jäähdytyspuhalluksiin matalapainepuhallus	3840	2,2	8400	67					96,0	67,0	3840				4.2	P
8	Hankitaan pienempi kompressori taajuusmuuttajalla	8960	3,7	32800	157					224,0	157,0	8960				4.2	H
9																	
	YHTEENSÄ	42990		47580	753	0	0	0	0	1075	753	42990	0	0	0		
	Sovitut jatkotoimet: T = toteutettu, P = päätetty toteuttaa, H = harkitaan toteutettavaksi, E = ei toteuteta																

2 Kohteen perustiedot ja paineilman nykytila

2.1 Analyysin lähtötiedot

PATE-analyysissä on käytetty vuoden 2004 kulutus-, tuotanto- ym. tietoja.

Taulukko 3. *Tuotantotiedot 2002-2004.*

	2002	2003	2004
	tn	tn	tn
Tammikuu	2 211	2 542	2 654
Helmikuu	2 683	2 508	2 598
Maaliskuu	2 503	2 856	2 548
Huhtikuu	2 924	2 525	2 786
Toukokuu	2 821	2 683	2 212
Kesäkuu	2 776	2 388	2 890
Heinäkuu	2 251	2 710	2 551
Elokuu	2 191	2 576	2 445
Syyskuu	2 353	2 238	2 067
Lokakuu	2 213	2 586	2 941
Marraskuu	2 343	2 527	2 357
Joulukuu	2 687	2 192	2 805
Koko vuosi	29 957	30 329	30 854

Vuoden 2004 tietojen ja tehtaan lähitulevaisuudelle budjetoitujen tuotantotavoitteiden välillä ei ole suuria eroja, vaikka tavoitteita pienelle tuotannon kasvulle on olemassa. Kasvu tulee todennäköisesti tarkoittamaan siirtymistä metallipuolella 1-vuorosta 2-vuorotyöhön. Vaikutukset paineilman käyttöön ovat siten huipunkäyttöaikaa lisääviä eivätkä vaikuta kapasiteetti-tarpeeseen.

Analyysissä on hyödynnetty tehtaalle vuonna 1996 tehtyä teollisuuden energia-analyysiraporttia.

2.2 Paineilman tuotanto, jakelu ja käyttö

Tehtaan tarvitsema paineilma tuotetaan keskitetysti kiviainespuolen rakennuksen itäpäädyn paineilma-asemalla. Paineilma-aseman laite- ja verkostokaavio on esitetty liitteessä 1.

Paineilma-asemalla sijaitsevat korkeapaineverkoston kolmen kompressorin lisäksi pneumaattisten siirtimien matalapainekompressori, korkeapaineverkon jäähdytyskuivain sekä matalapaineverkon adsorptiokuivain ja kompressoreiden ohjausyksikkö.

Korkeapaineverkko haarautuu kuivaimen jälkeisen ulkona sijaitsevan paineilmasäiliön (30 m³) jälkeen metalliosastolle ja kiviainesosastolle meneviin haaroihin. Kummallakin osastolla on oma koko rakennuksen kattava rengasverkko.

Metalliosastolla paineilman käyttökohteita ovat karkeassa suuruusjärjestyksessä

- paineilmatyökalut
- puhdistuspuhallukset
- prässien paineilmasylinterit
- työstökonekeskukset
- maalauslinja
- käsityökalut.

Kiviainesosastolla paineilman käyttökohteita ovat karkeassa suuruusjärjestyksessä

- jauheen pneumaattiset siirtimet
- jäähdytyspuhallukset
- irrotuspuhallukset
- pölysuodattimien paineilmatyökalut.

2.3 Paineilman energiankulutus

Paineilman tuotantoa ei mitata, mutta paineilma-aseman sähkön kulutus on mittaroitu. Saatavilla olevat kulutustiedot on esitetty taulukossa 4. Kulutusluvut sisältävät kompressoreiden lisäksi kuivainten kulutuksen.

Taulukko 4. *Paineilma-aseman sähkönkulutukset.*

	2002	2003	2004
	MWh	MWh	MWh
Tammikuu	160	169	159
Helmikuu	159	157	170
Maaliskuu	180	189	156
Huhtikuu	162	152	185
Toukokuu	168	166	171
Kesäkuu	161	165	160
Heinäkuu	135	140	144
Elokuu	120	125	120
Syyskuu	177	187	165
Lokakuu	168	173	169
Marraskuu	152	147	155
Joulukuu	152	152	144
Koko vuosi	1 894	1 922	1 898

Paineilman tuotannon sähkönkulutus on melko tasaista kuukausitasolla käyttöajat ja tuotantomäärät huomioiden. Vuositasolla sähkönkulutus on pysynyt edellisvuoden tasolla. Paineilman tuotannon ja käytön vuotuiset kustannukset vuodelta 2004 on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. *Paineilman kustannukset 2004.*

Kustannukset	2004
	€
Tuotannon energiakustannukset	75 907
Tuotannon huoltokustannukset	2 600
Verkon huoltokustannukset	2 000
Kustannukset yhteensä	80 507

Esitetyt energiakustannukset perustuvat tehtaan ilmoittamaan 40 €/MWh keskimääräiseen sähkön hintaan. Tuotannon huoltokustannukset perustuvat toteutuneisiin laskuihin ja verkoston huoltokustannukset arvioon. Kustannuksissa ei ole huomioitu tehtaan oman henkilökunnan ajankäyttöä toimintahäiriöiden ajalta eikä muita välillisiä kustannuksia.

Kompressoreissa on käyntituntimittarit, joita ei lueta. Taulukossa 6 on esitetty kompressoreiden tyyppitietojen sekä tehtyjen mittausten ja havaintojen perusteella tehty laskennallinen arvio sähkön kulutuksen jakautumisesta paineilman tuotannossa. Huom. Kompressoreiden 1–3 osalta arviossa on suuri virhemarginaali.

Taulukko 6. *Kompressorien käyntitunti- ja kulutusarvio 2004.*

	Käyttötunnit	Kulutusarvio	
	h	MWh/a	%
Kompressori 1	4217	380	20 %
Kompressori 2	4283	557	29 %
Kompressori 3	4319	389	20 %
Matalapaine kompressori	7815	430	23 %
Jäähdytyskuivain		78	4 %
Adsorptiokuivain		65	3 %
Yhteensä		1898	100 %

2.4 Paineilman huolto- ja kunnossapitokäytännöt ja energiatehokkuuden seuranta

Paineilmakompressoreiden käyntituntimittareita ei lueta. Käyttötuntien seuranta ja tilastointi esim. kuukausittain tulee ottaa käyttöön. Käyttötunneista ei ole mahdollista eritellä tuotannon ja kevennyksen suhdetta, joten kovin tarkkoja johtopäätöksiä niistä ei voida tehdä.

Kompressoreilla, suodattimilla ja kuivaimilla on huoltosopimus Paineilmatuntijat Oy:n kanssa. Näiden osalta havaittiin, että huoltoväli on ilmeisesti liian harva, koska jäähdytyskuivain hälytti ja suodattimien paine-eromittari näytti punaista eli paine-ero suodattimen yli oli 0,4 bar.

Kompressorihuoneen ulkopuolella paineilmaverkostosta ja sen osien huollosta ja kunnossapidosta huolehtii tehtaalla oma henkilöstö. Säännöllistä huolto-ohjelmaa ei ole, vaan ongelmat korjataan sitä mukaan, kun niitä ilmenee. Ainakin säännöllinen vuotokartoitus ja vuotojen korjaus tulisi liittää huolto-ohjelmaan.

Tehtaalla ei ole varakompressoreita, mutta käytännössä tehtaalla tullaan aina toimeen kahdella korkeapaineverkon kolmesta kompressorista. Matalapaineverkko on yhdistetty korkeapaineverkkoon paineenalennusventtiilin ja sulkuventtiilin avulla, normaalitilanteessa sulkuventtiili on kiinni. Paineilman tuotanto kestää siten yhden korkeapainekompressorin tai matalapainekompressorin rikkoantumisen ilman tehtaalla tuotannolle aiheutuvia häiriöitä.

3 Paineilmajärjestelmän energiatehokkuuden analysointi

3.1 Paineilman käyttöympäristö

3.1.1 Käyttöalueet

Tehdasalueella on kaksi rakennusta (metalliosaston rakennus ja kiviainesosaston rakennus), joissa käytetään paineilmaa ja joissa on koko rakennuksen kattava paineilmaverkosto. Molemmissa rakennuksissa on korkeapaineverkosto ja metalliosastolla myös matalapaineverkko.

A. Metalliosasto, rakennustilavuus n. 1 200 000 m³

Metalliosasto on valtava konepaja, jossa rullatavarasta valmistetaan erilaisia metalliaihoita. Osastolla on lukuisia työstökoneita ja -keskuksia, hitsauspisteitä ja maalauslinja. Paineilman kaikki kulutuskohteet on esitetty taulukossa 7.

Metalliosastolla työskennellään arkinen 1-vuorossa liukuvasti klo 05.00–14.00. Tämän ajan ulkopuolella osastolla ei ole mitään toimintaa tai laitteita, jotka tarvitsevat paineilmaa. Tästä syystä metalliosastolle menevässä paineilmahaarassa on kello-ohjattu magneettiventtiili, joka työpäivinä sulkee verkoston klo 14.00 ja avaa sen jälleen klo 04.30. Verkoston sulkemisella säästetään yön ja viikonlopun aikaiset verkostovuodot. Metalliosaston paineilmaverkosto on erittäin laaja ja vuodot suuret, joten säästö on merkittävä.

B. Kiviainesosasto, rakennustilavuus 155 000 m³

Kiviainesosastolla tehtaalle saapuvaa kiviainesta jauhetaan ja kuivataan, jonka jälkeen se siirretään siloihin odottamaan jatkokäsittelyä ja täyttöä metalliaihoihin. Paineilman merkittävimmät käyttökohteet on esitetty taulukossa 8.

Kiviainesosastolla työskennellään jatkuvassa 5-vuorossa. Vuoden aikana ei ole yhtään koko osaston seisokkia vaan paineilmaa tarvitaan aina.

3.2 Paineilman tuotanto ja jälkikäsittely

3.2.1 Tuotantoyksiköt ja painetasot

Paineilma-aseman kolmen korkeapainekompressorin ja yhden matalapainekompressorin perustiedot on luetteloitu seuraavassa.

Kompressori 1

Comber 250 UW vesijäähdytteinen ruuvikompressori vm. 1985.

- Tuotto 35 m³/min, maksimipaine 8 bar, nimellisteho 200 kW
- Kuormitus-kevennyskäyntisäätö viivästetyllä pysäytyksellä
- Kompressorin nimellinen ominaisteho 5,8 kW/m³/min.

Kompressori 2

Comber 2250 AW vesijäähdytteinen ruuvikompressori vm. 1992.

- Tuotto 35,5 m³/min, maksimipaine 8 bar, nimellisteho 200 kW
- Kuormitus-kevennyskäyntisäätö viivästetyllä pysäytyksellä
- Kompressorin nimellinen ominaisteho 5,7 kW/m³/min.

Kompressori 3

Comber 250 UW vesijäähdytteinen ruuvikompressori vm. 1985.

- Tuotto 35 m³/min, maksimipaine 8 bar, nimellisteho 200 kW
- Kuormitus-kevennyskäyntisäätö viivästetyllä pysäytyksellä
- Kompressorin nimellinen ominaisteho 5,8 kW/m³/min.

Matalapainekompressori

Comber 900 ilmajäähdytteinen ruuvikompressori vm. 1984.

- Tuotto 16 m³/min, maksimipaine 8 bar, nimellisteho 90 kW
- Kuormitus-kevennyskäyntisäätö viivästetyllä pysäytyksellä
- Kompressorin nimellinen ominaisteho 5,4 kW/m³/min.

Matalapaineverkon kompressorin maksimipaine on 8 bar, mutta sitä käytetään alhaisemmalta paineella. Tämä ei ole paras ratkaisu, sillä kompressorin hyötysuhde on todennäköisesti hieman heikompi kuin alun perin alhaisemman paineen tuottoon valmistetulla kompressorilla. Mikäli kompressori uusitaan, tilalle kannattaa valita matalapainekompressori.

Kompressorikohtaiset suodattimet

Kaikilla korkeapaineverkon kompressoreilla on oma suodattimensa paineilmalinjassa välittömästi kompressorin jälkeen. Suodattimet ovat Nordic Pressure CC-sarjaa, jotka poistavat yli 1 mikronin hiukkaset sekä vesi- ja öljyaerosolit alle 0,1 mg/m³ tason. Suodattimien mitoitus oli oikea. Kompressorin 2 paine-eromittari oli punaisella. Patruuna vaihdettiin projektin aikana. Vaihtoväliä on tihennettävä.

Arvio energiatehokkuudesta ja kehitysmahdollisuuksista

Koska kaikki kompressorit ovat isoja ja samankokoisia ei niiden energiataloudellinen muuttaminen vaihteleviin paineilman kulutusmuutoksiin ole paras mahdollinen. Kompresso-
reiden ohjausjärjestelmän toiminnassa havaittiin huomauttamista, tätä on käsitelty kappaleessa 3.2.4.

3.2.2 Esi- ja jälkikäsittelylaitteet

Paineilman suodatus

Vaikka kullakin kompressorilla on omat suodattimensa korkeapaineverkko paineilmaa suodatetaan ennen kuivainta ja sen jälkeen. Suodattimet ovat RuhrTechnik GmbH B30 suodattimia. Suodattimien suodatusasteesta ei ole tietoa, mutta se on havaittu riittäväksi, joten sen tarkempi selvittäminen ei ole tarpeen. Suodattimien patruunoiden riittävän tiheästä vaihdosta on huolehdittava.

Matalapaineverkko suodatin ennen kuivainta on Comber A322. Myöskään tämän suodattimen suodatusasteesta ei ole tietoa, mutta se on havaittu riittäväksi.

Paineilman kuivaus

Korkeapaineverkko kuivaimena toimii Comber AX 075 ilmajäähdytteinen jäähdytyskuivain vm. 1988.

- Käyttöpaine on 7...10 bar, virtaus 74,3 m³/min, ilmoitettu kastepiste +2...+3 °C, mitattu 2,6 °C
- Sähkötehon tarve 9 kW
- Vanha, mutta tyydyttävässä kunnossa. Jäähdytyskompressori on uusittu 2003
- Hälytti, mutta ongelma poistettiin projektin aikana.

Matalapaineverkko adsorptiokuivain on Wandars WA 10 vm. 1988

- Käyttöpaine 7–10 bar, virtaus 18 m³/min, kastepiste -25...-40 °C
- Sähköliitäntäteho 14 kW
- Kaksikammioinen kastepisteohjattu puhallinelvytteinen
- Vanha, mutta hyväkuntoinen. Kuivausaine on juuri uusittu.

Lauhteenpoisto

Kompressoriasemalla kompressoreiden ja kuivainten lauhteet kerätään yhteen ja johdetaan kaivoon. Suositeltavaa olisi käsitellä lauhde ennen viemäriin johtamista.

Korkeapaineverkossa on lukuisia lauhteenerottimia. Erottimet ovat tyypiltään vanhoja uimuriventtiilimalleja, ajastettuja magneettiventtiilejä sekä uusia pinnankorkeusanturilla varustettuja erottimia. Vanhat uimuriventtiilimallit ovat häiriöalttiita ja niitä korvataan häiriöiden ilmetessä pinnankorkeusanturilla varustetuilla malleilla.

Lauhteenpoisto on toiminut yleisesti ottaen hyvin, eikä lauhteesta ole ollut ongelmia kulutuskohteissa. Myöskään normaalista poikkeavaa korroosiota ei ole havaittu.

3.2.3 Painetasot

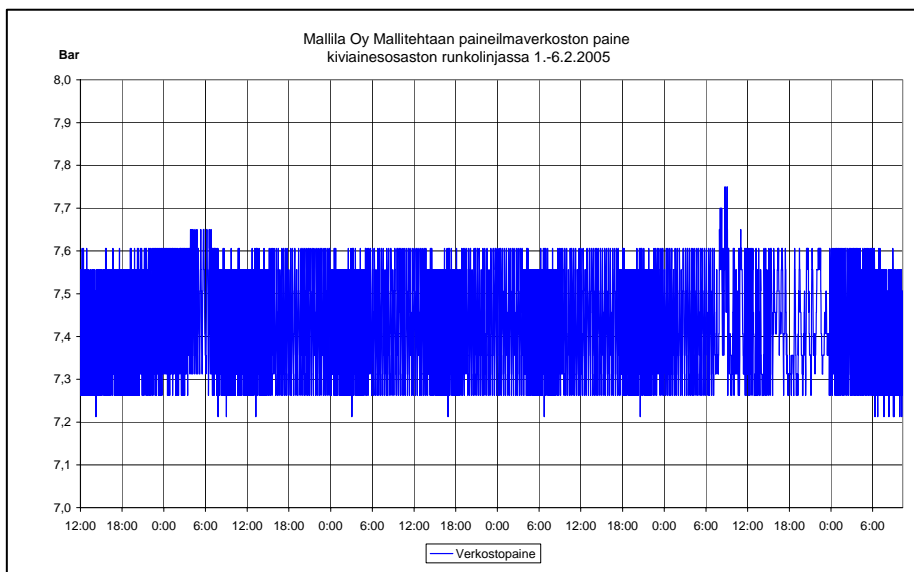
Korkeapaineverkko

Kompressoriasemalta verkkoon lähtevää painetta säätää Comber Megapilot - ohjausjärjestelmä yhden paineanturin avulla kytkemällä kompressoreita tarpeen mukaan tuotolle tai kevennykselle.

Painetasoksi oli aseteltu 7,5, joka vaihteli mittausten mukaan 7,8...7,3 bar. Korkeapaineverkon painetasoja luettiin ja seurattiin tehtaan omista mekaanisista mittareista seuraavasti:

- Kompressoriaseman painetaso 7,8–7,4 bar
- Metalliosaston päädyn työstökone 3 painetaso 7,8–7,3 bar
- Metalliosaston puhdistuspuhalluksen verkon paine 7,4 bar
- Kiviainesosaston jauhimen 1 tulopaine 7,3 bar
- Kiviainesosaston verkon kaukaisimman osan painetaso 7,3–7,5 bar
- Kiviainesosaston suodattimen C linjan painetaso 7,4–7,5 bar.

Verkosta suoritettiin myös painetason seurantamittaus, joka on esitetty kuvassa 1. Painetaso pysyi mittausten ajan melko vakiona, vaihtelualue 0,5 bar.



Kuva 1. Kiviainesosaston runkoverkon painetason seurantamittaus 1.-6.2.2005.

Painetaso on melko korkea ja sitä pystytään todennäköisesti alentamaan. Taulukoihin 7 ja 8 on koottu arvioituja painetasovaatimuksia eri kulutuskohteissa. Suositellaan koetta, jossa kompressoriaseman painetasoksi asetellaan ensin 7,0 bar ja jos tästä ei aiheudu ongelmia, painetta voidaan laskea edelleen asteittain kohti arvioitua tavoitearvoa 6,2 bar.

Henkilökunnan mukaan aikaisemmin on kokeiltu painetason pudottamista yöaikaan. Tällöin esteeksi muodostuivat jauhinten polttimien jäähtytysten tarpeet. Tarkastuskäynnillä polttimien paineet olivat 3,5–4,6 bar paineenalennusventtiilin jälkeen, joten ongelmia ei pitäisi syntyä. Mikäli paineenalennuksesta tulee ongelmia polttimien suhteen, niiden ongelmien syyt kannattaa selvittää ja pyrkiä ratkaisemaan.

Kriittisiä käyttöpiisteitä verkossa ovat metalliosaston verkon pääty ja siellä sijaitseva työstökone, jossa on puhdistuspuhallus, sekä jauhimien polttimien jäähtytys. Ilman loppuessa polttimilta seuraa nopea alaspäin ja mahdollisesti sulamisvaurioita. Painetasovaatimus on kuitenkin normaali 6 bar ja tässäkin on suuri varmuusmarginaali paineenalennuksen ansiosta. Lisäksi polttimilla on kaksinkertainen rengasverkko.

Matalapaineverkko

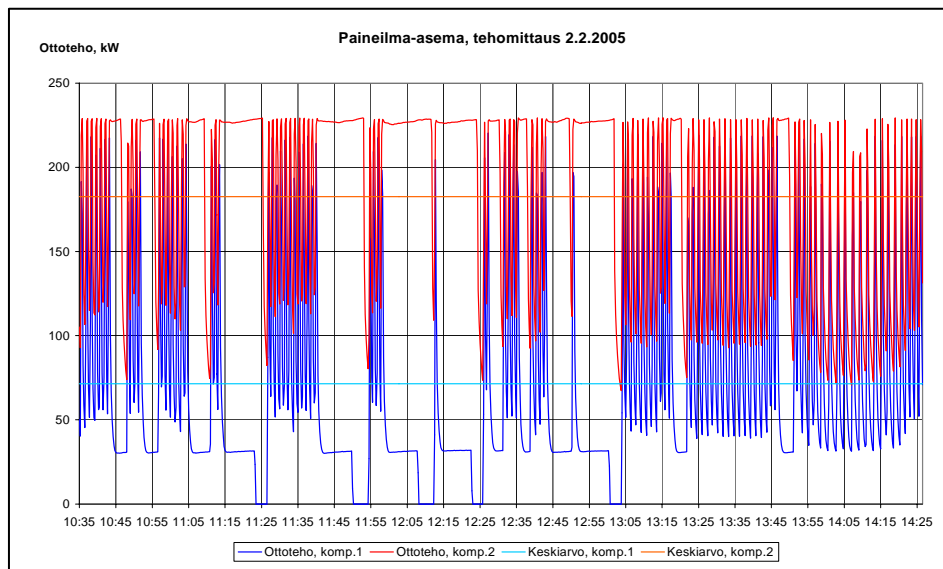
Matalapaineverkon kompressorin painetaso on 3,0/3,5 bar. Verkossa ennen kulutusposteita on paineenalennusventtiili, joka laskee ja säätää paineen 3,0 bar.

Matalapaineverkkoon on kytketty vain neljä pneumaattista kivijauheen siirrintä. Pneumaattisen siirtimen putkiston tyhjennysvaiheessa kompressorin tuottama ilma ei riitä ja paine laskee 1,5 bar:iin. Tämä ei kuitenkaan haittaa ja siirtimet ovat toimineet hyvin.

3.2.4 Ohjaus-, säätö- ja ajotavat

Korkeapaineverkosto

Normaalitilanteessa käytössä on kolme ruuvikompressoria, joiden käynnin ohjaus tapahtuu Comber Megapilot -yksiköllä. Ohjainyksiköstä voidaan valita kompressoreille erilaisia ajo-ohjelmia. Käytössä oli ns. FIFO-ohjelma (first in-first out). Tämän ohjelman sähkötehomittaus on esitetty kuvassa 2. Kompressor 3 oli kytketty manuaalisesti pois käytöstä.



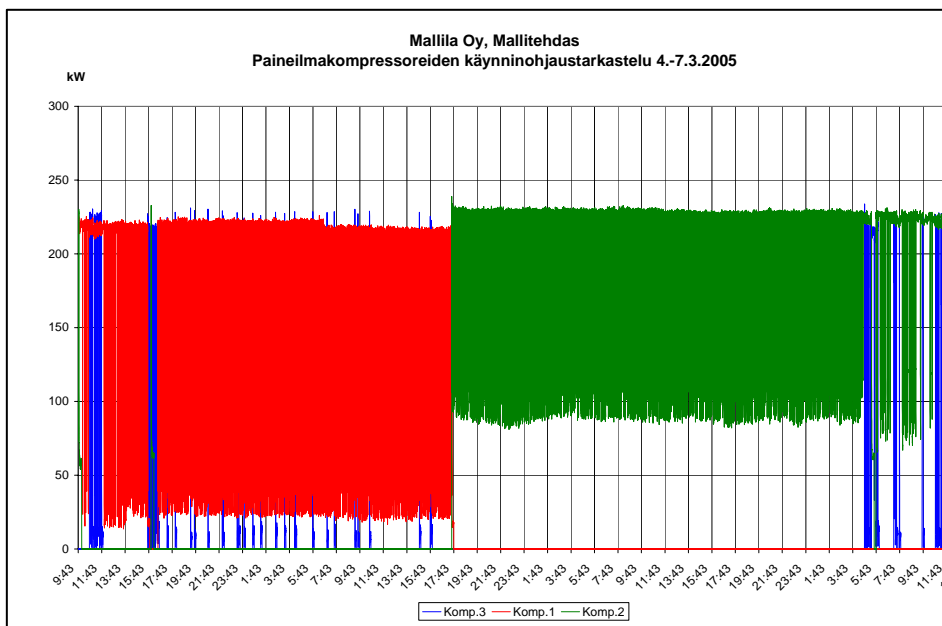
Kuva 2. Korkeapaineverkoston FIFO-ohjelman kompressoreiden sähköteho-mittaus 2.2.2005.

Johtopäätökset tehomittauksista:

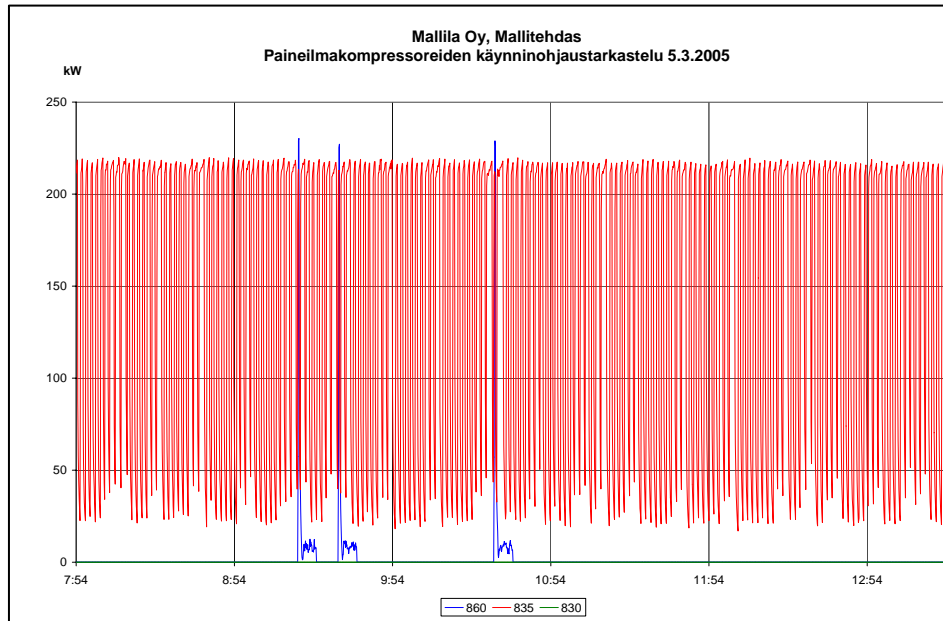
- Kompressor 1 toimi mittauksen aikana enemmän säätävänä kompressorina, mikä on taloudellista, koska sen kevennykskäynnin ottoteho on selvästi kompressoria 2 pienempi.
- Megapilot ohjasi kompressoreita muuten todella huonosti. Tyypillinen sykli:
 - vaihe 1: Kompressor 1 tuotti ja kompressor 2 oli kevennyksellä
 - vaihe 2: Kompressor 1 siirtyi myös kevennykselle
 - vaihe 3: molemmat kompressorit alkoivat tuottamaan
 - vaihe 4: kompressor 2 siirtyi kevennykselle erittäin nopeasti.

- Edellisessä tapauksessa (esim. klo 13.00–14.30) paineilman tarpeen olisi pystynyt tyydyttämään yksi kompressor, jolloin toinen olisi voinut olla kokonaan seis. Näin olisi säästetty vähintään yhden kompressorin kevennyskäynnin ottoteho.
- Klo 14.00–04.40 ja viikonloppujen pientä paineilmakulutusta varten on suositeltavaa hankkia paineilma-asemalle uusi pienempi taajuusmuuttajaohjattu kompressor.
- Mikäli uutta kompressorista ei hankita, Megapilot tulee ohjelmoida uudelleen siten, että klo 14.00–04.40 ja viikonloppuina kompressor 1 (tai samanlainen Kompressor 3) on ykköskompressor ja toiset ruuvit käynnistyvät vasta mikäli kompressor 1 tai 3 ei kykene pitämään yksin verkostopainetta yllä.
- Klo 04.40–14.00 kulutus vaihtelee runsaasti ja kompressoreiden käyntijärjestyksen paras määrittäminen on vaikeaa. Todennäköisesti tällöin ykköskompressoriksi kannattaa asettaa kompressor 2. Näin saadaan myös käyntitunteja tasattua. Mikäli hankitaan uusi kompressor, käyntijärjestys voidaan määrittää uusien mittausten avulla.

Projektin aikana Megapilotin ohjelma vaihdettiin ns. energiaohjelmalle, jonka tavoitteena on laitteelle syötettyjen kompressoritietojen perusteella käyttää kompressoreita mahdollisimman energiataloudellisesti. Tämän ohjelman sähkötehomittaus on esitetty kuvassa 3 ja 4.



Kuva 3. Korkeapaineverkoston energiaohjelman kompressoreiden sähkötehomittaus 4.-7.3.2005.



Kuva 4. Korkeapaineverkoston energia-ohjelman kompressoreiden sähkötehomittaus 5.3.2005.

Kuvista havaitaan, että kompressoreiden ohjauksen energiatehokkuus on parantunut merkittävästi ja on nyt melko lähellä nykyisellä kompressorikannalla saavutettavissa olevaa optimaalista tasoa.

Verrattuna 2.2.2004 suoritettuun mittaukseen keskimääräinen arkiajan 05.00–14.00 ulkopuolinen tehontarve on laskenut vähintään 50...80 kW peruskuormavuorossa olevasta kompressorista riippuen. Vuotuinen säästö on siten nykyasetuksin vähintään 320...510 MWh verrattuna aikaisempaan FIFO-ohjelmaan.

Mittausten perusteella käynninohjauksen nykytilanteeseen on suositeltavaa tehdä vielä seuraava muutos:

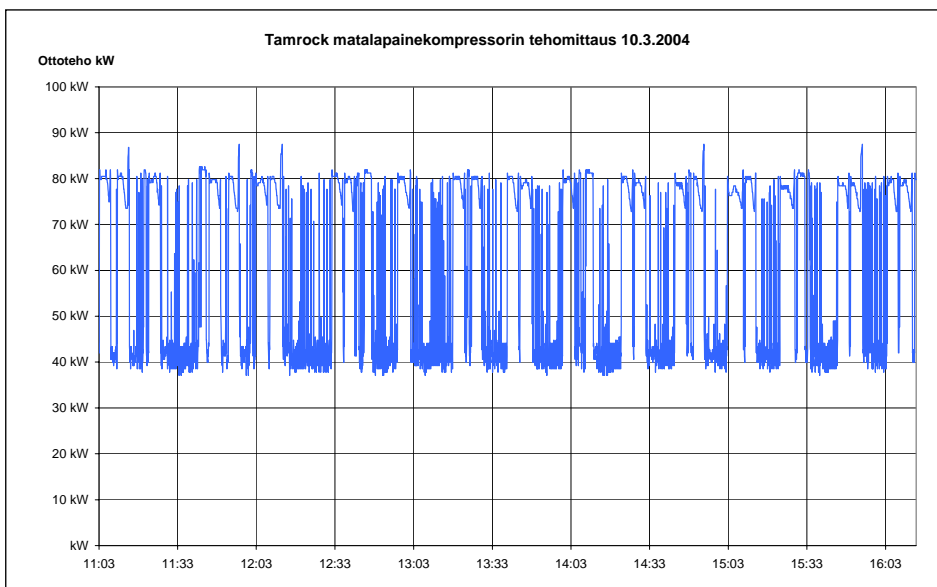
- Asetellaan peruskuormaa tuottaviksi kompressoreiksi 1 ja 3 (Megapilot kierrättää) ja viimeisenä (vain kulutushuipuissa) käynnistyväksi kompressoriksi 2. Näin energiankulutus saadaan minimoitua ja käyttötunnit mahdollisimman lähelle toisiaan kompressoreilla 1 ja 3. Tämä kannattaa tehdä, sillä mittausten perusteella kompressorien 1 ja 3 kevennyksikäynnin pätöteho on karkeasti n. 50 kW pienempi kuin kompressorin 2. Mittausten perusteella vuotuinen säästö tällä toimenpiteellä on vähintään 100 MWh verrattuna nykytilanteeseen, jossa kaikkia kolmea kierrätetään peruskuormakompressorina.
- Em. toimenpidettä ei ilmeisesti voida tehdä Megapilotin energia-ohjelmassa, josta puuttuu prioriteetin määrittely. Energia-ohjelmaa ei myöskään suositella vaihdettavaksi muihin ohjelmaan ellei voida taata yhtä taloudellista käynninohjausta. Tämä on kuitenkin ilmeisesti mahdollista muuttamalla Megapilotin ohjelma ajastinohjaukseksi ja määrittelemällä kompressorit 1 ja 3 prioriteetti luokkaan 1 ja kompressorin 2 prioriteetti luokkaan 2.

- Mikäli ajastinohjaus ei jostain syystä käytä kompressoreita 1 ja 3 taloudellisesti eli esim. yöaikaan vain 1 kompressori käy, toimenpiteen toteuttamisen ainoaksi keinoksi saattaa jäädä kompressorin 2 poistaminen Megapilotin ohjauksesta ja kytkemällä sen käynnistymisen paineraja riittävän alas, jolloin se käynnistyy vain kulutushuipuissa kahden muun kompressorin jo käydessä.

Sunnuntain 6.3.2005 tuloksista karkeasti laskettuna kompressorin 2 käyntiaste on ollut n. 51 %, jonka perusteella kompressorille ilmoitetusta tuotosta laskettuna keskimääräinen paineilman kulutus on ollut n. 18 m³/min. Tämän perusteella ja edellä kuvatun muutoksen toteutuksen jälkeen pienemmän kompressorin hankinta ei ole taloudellisesti kovin kannattavaa. Takaisinmaksuajaksi muodostuu karkeasti laskettuna 5–7 vuotta.

Matalapaineverkosto

Matalapaineverkoston paineilmakompressorin sähkötehomittaus 10.3.2005 on esitetty kuvassa 5. Kompressorin käyntiä ohjaavat kompressorin pressostaattiin asetellut arvot 3,0/3,5 bar.



Kuva 5. *Matalapaineverkon paineilmakompressorin ottotehomittaus 10.3.2005.*

Johtopäätökset tehomittauksista:

- Comber matalapainekompressori käy paljon erittäin lyhyitä työjaksoja, noin 2 s ja siirtyy tämän jälkeen kevennetylle käynnille noin 6 s ajaksi. Vain painelähetinpallojen siirron aikana työjakso on pitempi. Pisimmillään työjakso oli noin 5 minuuttia ja kevennysjakso myös noin 5 minuuttia. Tällaisen käynnin energiankäytön tehokkuus on huono.
- Kompressorin paineilma-anturi paikka on suositeltavaa siirtää matalapaineverkon paineilmasäiliön jälkeen, jolloin kompressorin käyntiä saadaan rauhoitettua.

- Matalapaineverkon pneumaattisten siirtimien käyttöä on suositeltua ohjeistaa siten, että kaikki neljä siiloa täytetään peräkkäin mahdollisimman täyteen, jotta kompressorille saataisiin pitkä tauko jolloin se pysähtyy kokonaan
- Lisäksi on suositeltavaa kokeilla voidaanko siirtojakson loppuosan putkiston tyhjennyspuhallusta lyhentää.

3.2.5 Kompressorien jäähdytys ja lämmöntalteenotto

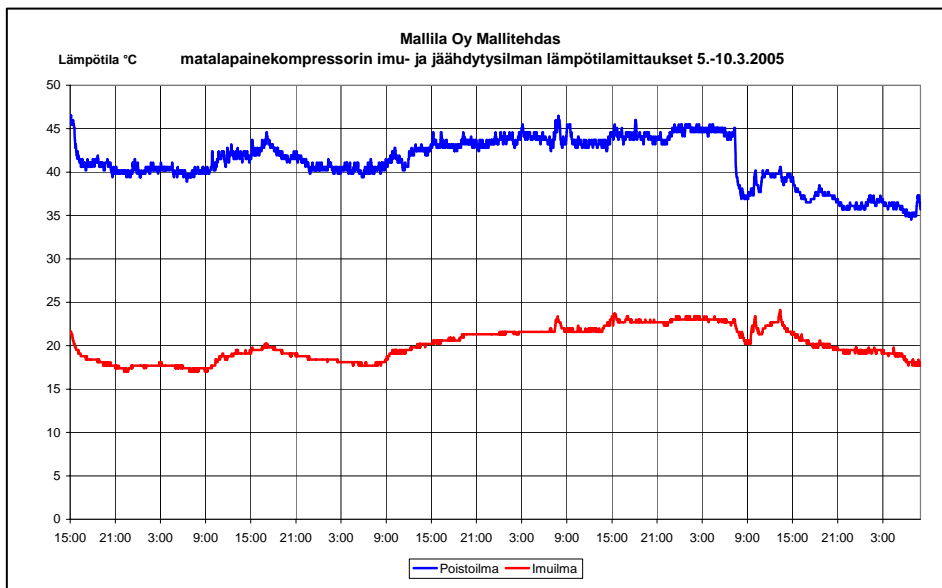
Korkeapaineverkoston kompressorit 1–3 ovat vesijäähdytteisiä suljetulla vesikierrolla ja jäähdytystornilla. Menoveden lämpötila kompressoreille talviolosuhteissa oli n. 18 °C ja paluuveden lämpötila kuormituksesta riippuen 20...25 °C. Lämmön talteenottoon järjestelmästä tai sen korvaamiseen muilla ratkaisuilla ei ole kannattavia mahdollisuuksia. Järjestelmä on toiminut luotettavasti.

Matalapaineverkoston kompressori on ilmajäähdytteinen. Kompressorille tuleva ilma on paineilma-aseman sisäilmaa, jonka lämpötila oli 2.–12.2.2005 17...23 °C. Poistoilmaa puhalletaan kylmään varastohalliin. Poistoilmaa on suositeltavaa käyttää rakennuksen lämmittämiseen lämmityskauden aikana.

3.2.6 Kompressorihuone ja imuilma

Tehtaan kompressorihuone sijaitsee rakennuksen itäpäädyssä. Korkeapaineverkon kompressoreiden imuilmat on kanavoitu konekohtaisesti suoraan ulkoa, jolloin imuilma on aina mahdollisimman kylmää. Imukanavissa on suodattimet, jotka poistavat ulkoilmasta suurimmat partikkelit. Suodatustasosta ei ole tarkempaa tietoa. Suodattimet vaihdetaan huoltojen yhteydessä. Suodattimet olivat melko puhtaat.

Matalapaineekompressori ottaa imuilmansa huonetilasta. Imuilman lämpötilan seuranta on esitetty kuvassa 6.



Kuva 6. *Matalapaine kompressorin imu- ja jäähdytysilman lämpötilamittaukset 5.-10.3.2005.*

Kompressorin ottaa imu- ja jäähdytysilman samasta aukosta, joten ilman suora kanavoitinta ulkoa ei ole laitevalmistajan mukaan suositeltavaa. Imuilman lämpötilan alentaminen edellyttäisi siten säätöpelleillä varustetun kanavan rakentamista tai koko paineilma-aseman lämpötilan laskemista ja säätöä tälle. Tässä tapauksessa suositellaan ensin mainittua vaihtoehtoa.

Paineilma-aseman seinän ulkoilmasäleikössä on suodattimet. Suodatustasosta ei ole tarkempaa tietoa. Suodattimet vaihdetaan säännöllisesti ja ne olivat puhtaat.

3.3 Paineilman jakelu

3.3.1 Putkistot

Paineilmaverkostot on esitetty liitteissä 2 ja 3. Verkostokuvissa on esitetty myös putkihalkaisijat, sulkuventtiilityypit ja koot sekä paineilmasäiliöiden tilavuudet.

Verkoston tilavuudesta ei ole laskelmia eikä sitä päästy mittausten yhteydessä selvittämään tuotantotilanteesta johtuen. Arviona metalliosastolla verkon yhteenlaskettu pituus on useita kilometrejä. Säiliökapasiteettia on paineilma-aseman pääsäiliön lisäksi 3 m³ säiliö metalliosastolla. Nykyisellä paineenvaihtelualueella säiliökapasiteetti on riittävä.

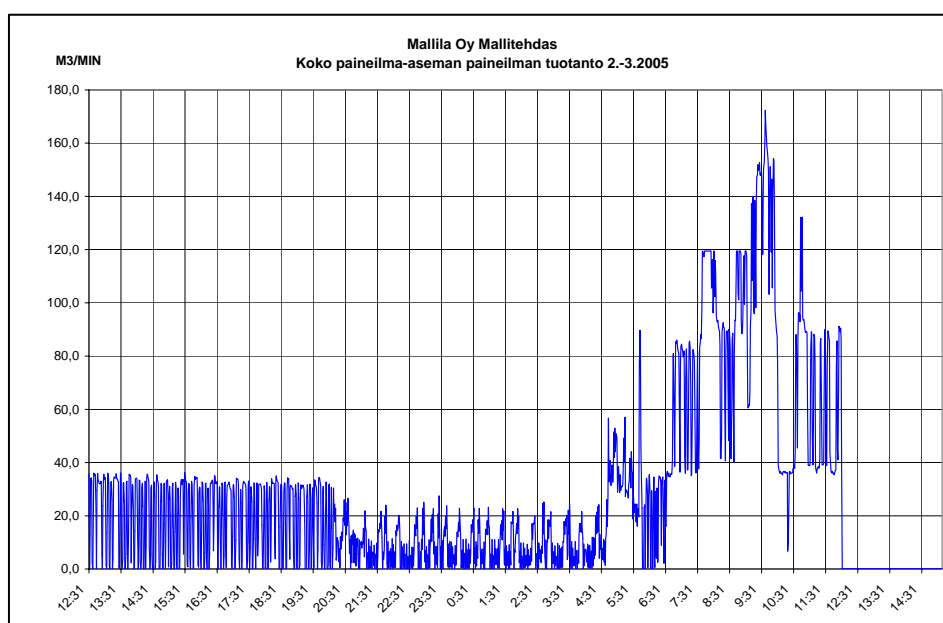
Verkko kulkee osittain kylmissä tiloissa, jossa lämpötila laskee jäähdytyskuivaimen kastepisteen alapuolelle. Tällöin verkostoon saattaa kondensoitua vettä, joka pahimmassa tapauksessa kulkeutuu käyttölaitteeseen ja aiheuttaa häiriötä sen toimintaan. Tästä ei ole ollut ongelmia. Mikäli ongelmia syntyy, siitä päästään eroon hankkimalla adsorptiokuivain tai mahdollisesti eristämällä putket paremmin kylmissä tiloissa.

Paineilmaverkosto on liitosjohtoja lukuun ottamatta sinkittyä teräsputkea, metalliosastolla pikaliittimin kytkettyä. Putkiston kunto on hyvä, mutta useat liitokset vuotavat ja kylmissä tiloissa on paikoin havaittavissa ruostetta ja korroosiota.

Paineilmaverkostossa ei ole havaittu pullonkauloja ja rengasverkoista johtuen sulkumahdollisuudet ovat hyvät.

3.3.2 Verkoston vuotokartoitus

Tehtaan korkeapaineverkosta mitattiin ilmavirrat samanaikaisesti kahdesta eri kohteesta: Yhteisestä runkolinjasta sekä metalliosastolle menevästä linjasta. Kiviainesosaston ilmavirta saadaan näiden erotuksena. Mittausten tulokset on esitetty kuvissa 7 ja 8.



Kuva 7. Paineilma-aseman tuotanto 2.-3.2.2005.

Johtopäätökset mittauksesta

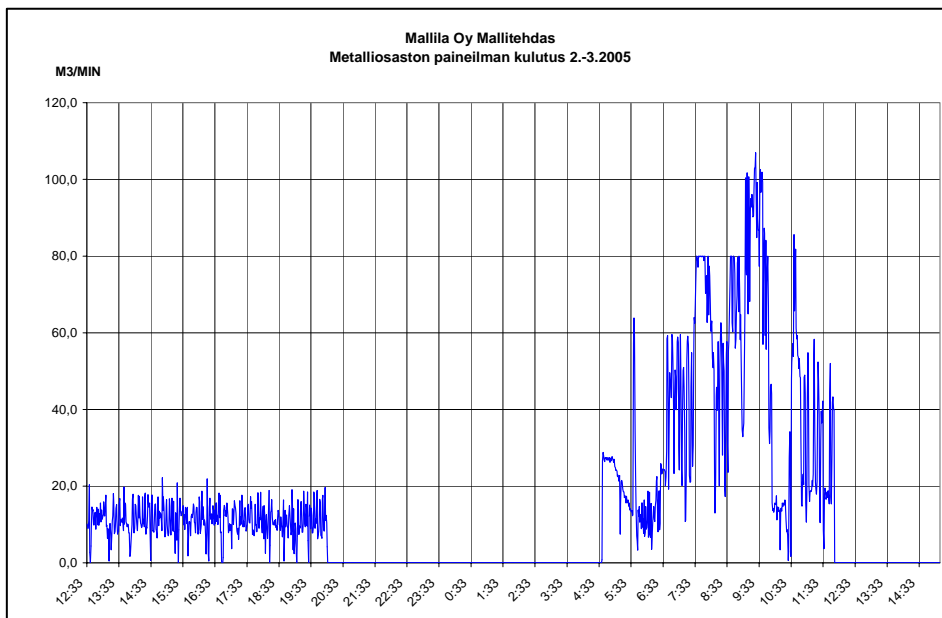
Paineilma-aseman tuotanto vaihtelee runsaasti vuorokauden aikana. Mittauksen alun tilanne klo 12.30–20.00 sisältää kiviainesosaston kulutuksen ja metalliosaston vuodot. Klo 20.00–04.30 edustaa vain kiviainesosaston kulutusta. Klo 00.30 eteenpäin metalliosaston venttiili on auki ja kulutus siellä suurta. Kulutuspiikit aiheutuvat eräiden paineilmatyökalujen suurista kulutuksista. Mittausten aikana käytössä olivat ajoittain kaikki suuret kuluttajat. Tällä haettiin koko tehtaan hetkellistä maksimikulutusta.

Mittauspiste oli asemalta lähtevä putki säiliön jälkeen rakennuksen takana.

- Putken ulkohalkaisija 275 mm ja seinämän vahvuus 6 mm. Sisähalkaisija 263 mm.
- Mittausjakso 1 min.
- Mittaus alkoi 2.2. klo 12.30 ja päättyi 3.2. klo 12.02

- Mittauksen alussa paineilman lämpötila oli 26,3 °C.

Viikonloppuisin ja arkisin klo 14.00–04.30 tehtaan keskikulutus on todennäköisesti lähellä klo 20.00–04.40 mitattua keskikulutusta 8,5 m³/min. Nyt tämä ilmavirta joudutaan tuottamaan isolla 35 m³/min kompressorilla. Kevennyskäyntiä on virtausmittauksen perusteella todella paljon. Suositeltavaa on hankkia n. 12...16 m³/min taajuusmuuttajalla varustettu kompressor, jolla ajetaan viikonloppuisin ja arkisin klo 14.00–04.30. Kuitenkin tarkasteltaessa kuvaa 3 havaitaan, että kompressorin 2 käyntiaste on ollut n. 51 %, jonka perusteella kompressorille ilmoitetusta tuotosta laskettuna keskimääräinen paineilman kulutus on ollut n. 18 m³/min. Tämän perusteella ja edellä kuvatun muutoksen toteutuksen jälkeen pienemmän kompressorin hankinta ei ole taloudellisesti enää niin kannattavaa kuin ilmavirtamittauksen perusteella näyttäisi.



Kuva 8. Metalliosaston paineilman kulutus 2.-3.2.2005.

Johtopäätökset mittauksesta

Metalliosaston kulutus klo 12.30–20.00 on pelkkiä vuotoja, joita on keskimäärin 11,1 m³/min. Suuri vuoto aiheutuu todella laajasta paineilmaverkosta ja osin pikaliittimin toteutetusta runkoverkosta. Edellisistä syistä johtuen vuotojen vähentäminen korjauksin on vain valikoidusti kannattavaa. Tehtaan suunnitelmissa on ollut metalliosaston käyttämättömien osien päälinjien sulkeminen neljällä kauko-ohjatulla venttiilillä. Tämä kannattaa toteuttaa välittömästi.

Mittauspiste oli metalliosastolle menevä putki rakennuksen takana.

- Putken ulkohalkaisija 275 mm ja seinämän vahvuus 6 mm. Sisähalkaisija 263 mm.

- Mittausjakso 1 min. Mittauspisteet 1–1401. Maksimivirtaus asetettiin 80 m³/min ja muutettiin 120 m³/min 3..2 kasvavan kulutuksen takia.
- Mittaus alkoi 2.2 klo 12.32 ja päättyi 3.2 klo 11.54
- Mittauksen alussa paineilman lämpötila oli 22,9 °C.

Vuotokartoitus

Kiviainesosastolla vuotojen osuus on pieni, joka johtuu hyvin hoidetusta kunnossapidosta. Yöajan kulutus on ollut 8,5 m³/min (metalliosasto kiinni). Vuotojen osuudeksi arvioidaan 1,0 m³/min, joka vastaa n. 3,2 % mittausajan keskikulutuksesta (30,79 m³/min). Kiviainesosaston vuodot ovat erittäin pieniä, mutta metalliosaston vuodot 11,1 m³/min vastaavat 27 % tuotantoajan keskikulutuksesta (40,39 m³/min).

Vuotoja kartoitettiin aistinvaraisesti ja ne merkittiin lapuilla korjausta varten. Vuotoja havaittiin seuraavissa kohteissa kiviainesosastolla:

- Öljynerottimelta (Oilcut XX) jauhesäiliöiden lähellä
- Levykoneen 3 imukupista
- Elevaattorin takana 2.krs
- Levynostimelta kuivurin vieressä
- Levykone 1 vieressä seinässä
- Matalapaineverkoston paineilmasäiliön vieressä
- 4. krs öljyn/vedenerotin seinällä
- 4. krs jauhesäiliön yläosa, sylinteri tai sen liitos
- LK1 massasäiliön venttiili ennen pumppua
- LK1 I nostonryhmän magneettiventtiilin liitos
- LK1 massan keräyssylinterin päädyn liitos
- LK3 päädyssä suihkuvesilinjan venttiili 2 m korkeudessa
- LK3 päädyssä runkoverkon haara/venttiilit
- LK3 päädyssä säiliön alla letkuvuoto, merkitty lapulla
- LK3 Massan keräyssylinterin pääty
- LK3 kiskokuljettimen ja keräyssylinterin välissä
- LK3 I levynostinryhmän keskellä
- LK3 II levynostinryhmän keskellä
- LK3 II levynostinryhmän päädyn venttiiliakseli
- Jauhinten välissä sähkökopin kulmalla pylvään vieressä
- Jauhinten nostinryhmien välissä alhaalla
- Kuivurin levynerotussuuttimen magneettiventtiilin liitos
- Edellisen paineilmaletku kuljettimen alla
- Korjaamon puolella huone, jossa peltivoiteluöljylaitteita, liitos nurkassa
- Mitallistuslinjassa useita vuotoja

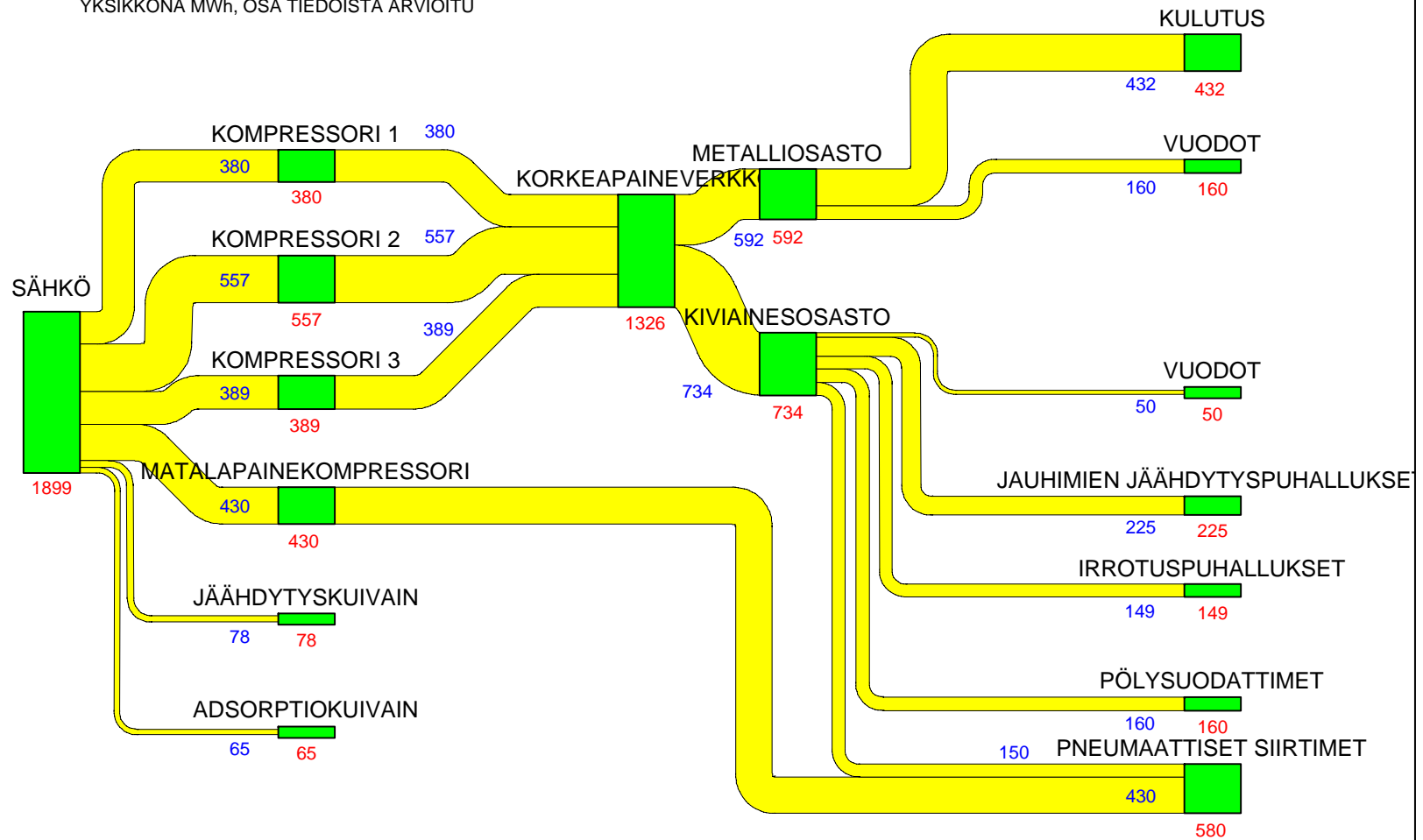
Metalliosaston vuodot ovat pääosin runkoverkon liitosvuotoja. Taulukossa 7 on esitetty kuluttajalaitteissa havaitut vuodot.

3.4 Paineilman käyttökohteet

Metallisosaston paineilman kaikki kulutuskohteet, kulutus, painetason tarve, käytön korvattavuus ja vuodot on esitetty taulukossa 7. Taulukon kohdenumerointi viittaa liitteen 2 tehdasrakennuksen pohjapiirrokseen, johon on merkitty kunkin kohteen sijainti.

Paineilman kulutuksen osin mitattu, osin laskennallinen ja osin arvioitu kulutusjakauma on esitetty Sankey-diagrammissa kuvassa 8.

MALLILA OY MALLILAN TEHDAS
 PAINEILMAN SÄHKÖNKULUTUKSEN SANKEY-DIAGRAMMI 2004
 YKSIKÖNÄ MWh, OSA TIEDOISTA ARVIOITU



Kuva 9. Paineilmajärjestelmän energiakulutuksen Sankey-Diagrammi 2004

Taulukko 7. Metalliosaston paineilman kulutuskohteet, kulutus, painetarve, käytön korvattavuus ja vuodot.

Laitteet Kohde	Käyttö	Ilmavirta	Painetarve bar, arvio	Tarve	Vuodot
		m3/min	bar		
1 Sahan nestesumulaitteet ja terän puhdistus, pistooleja	jatkuva	0,5	6	kyllä/ei	kyllä
2 Hitsauspisteiden ilmanpuhdistin	jaksottainen	< 0,1	6	kyllä	ei
3 Hitsauskone ja pistooli	jaksottainen	< 0,5	6	kyllä	ei
4 Hitsauskone, pistooli ja painekoelaite	jaksottainen	< 0,5	6	kyllä	kyllä
5 Hitsauskone, pitkä letkuvienti	jaksottainen	< 0,1	6	kyllä	ei
6 2xkäsityökalu ja painekoelaite	jaksottainen	n. 20	6	kyllä	ei
7 Pistooli	jaksottainen	< 0,5	3	kyllä	ei
8 Maalauslinjan kuivaustunneli	jaksottainen	< 0,1	6	kyllä	ei
9 Maalauslinja	osin jatkuva	< 0,5	6	kyllä	ei
10 Maalipumput ja tynnyrisekoittimet	jatkuva	< 0,5	6	kyllä/ei	ei
11 Painekoelaite, käsityökalu ja pistooli	jaksottainen	< 0,5	6	kyllä	ei
12 Hitsauspisteiden hitsauslaitteet	jaksottainen	< 0,1	6	kyllä	ei
13 Painekoelaite ja hitsauspiste	jaksottainen	< 0,1	6	kyllä	kyllä
14 Painekoelaite ja hitsauspiste	jaksottainen	< 0,1	6	kyllä	ei
15 Työstökoneita ja pistooleja	jaksottainen	< 0,5	6	kyllä	kyllä
16 2xkäsityökalu ja pistooli	jaksottainen	n. 20	6	kyllä	kyllä
17 Työstökone ja puhdistuspuhallus	jaksottainen	1,0	6	korvattavissa	kyllä
18 Käsityökalu ja pistooli	jaksottainen	< 0,5	6	kyllä	ei
19 Työstökone, käsityökalu ja pistooleja	jaksottainen	n. 20	6	kyllä	ei
20 Iso työstökeskus ja pistooleja	jaksottainen	< 0,5	6	kyllä	ei
21 Käsityökalu ja pistooli	jaksottainen	n. 20	6	kyllä	ei
22 Painekoelaite, käsityökalu ja pistooleja	jaksottainen	< 0,5	6	kyllä	ei
23 Prässi	jaksottainen	1,0	6	kyllä	ei
24 Oven sylinteri ja pistooli	jaksottainen	< 0,5	6	kyllä	ei
25 Työstökone ja pistooli	jaksottainen	< 0,5	6	kyllä	kyllä

26 Työstökone ja puhdistuspuhallus	jaksottainen	1,0	6	korvattavissa	
27 Työstökoneen pistooli	jaksottainen	< 0,5	6	kyllä	ei
28 Käsityökaluja ja pistooleja	jaksottainen	n. 20	6	kyllä	ei
29 Painekoelaitte ja pistooleja	jaksottainen	< 0,5	6	kyllä	ei
30 Pistooleja	jaksottainen	< 0,5	3	kyllä	ei

Kohde Laitteet	Käyttö	Ilmavirta m ³ /min	Painetarve bar, arvio bar	Tarve	Vuodot
31 Työstökoneita, hitsauspiste ja työpöytä	jaksottainen	< 0,5	6	kyllä	kyllä
32 Hitsauspisteet	jaksottainen	< 0,5	6	kyllä	ei
33 Hitsauspisteet ja pistooleja	jaksottainen	< 0,5	6	kyllä	ei
34 Työstökone ja pistooli	jaksottainen	< 0,5	6	kyllä	ei
35 Työstöasema 4 ja pistooli	jaksottainen	< 0,5	6	kyllä	ei
36 Työstökone ja puhdistuspuhallus	jaksottainen	1,0	6	korvattavissa	ei
37 Työstökone ja pistooleja	jaksottainen	< 0,5	6	kyllä	ei
38 Työstökone ja pistooleja	jaksottainen	< 0,5	6	kyllä	ei
39 Työstökone ja pistooli	jaksottainen	< 0,5	6	kyllä	ei
40 Työstökone	jaksottainen	< 0,5	6	kyllä	ei
41 Työstökone ja pistooli	jaksottainen	< 0,5	6	kyllä	ei
42 Työstökone ja pistooli	jaksottainen	< 0,5	6	kyllä	kyllä
43 Työstökoneita ja pistooleja	jaksottainen	< 0,5	6	kyllä	ei
44 Työstökone ja käsityökalu	jaksottainen	n. 20	6	kyllä	ei
45 Pistooli	jaksottainen	< 0,5	3	kyllä	ei
46 Tärykoneen sylinteri	jaksottainen	< 0,1	6	kyllä	ei
47 Uusi työstökone ja pistooleja	jaksottainen	< 0,5	6	kyllä	ei
48 Työstökone ja pistooli	jaksottainen	< 0,5	6	kyllä	ei
49 Pistooli	jaksottainen	< 0,5	3	kyllä	ei
50 Pölynpoistojärjestelmä	jaksottainen	< 0,5	6	kyllä	kyllä
51 Singon pölynpoistojärjestelmä	jaksottainen	< 0,5	6	kyllä	ei
52 Sinko	jaksottainen	2,0	6	kyllä	ei
53 Pistooleja	jaksottainen	< 0,5	6	kyllä	ei
54 Työstökone ja pistooleja	jaksottainen	< 0,5	6	kyllä	ei

Kulutuskohteiden ilmavirrat perustuvat suureksi osaksi arvioon laitetietojen puuttuessa. Käsityökalujen käyttöajat ovat osin suuret ja kulutus vuositasolla todella suuri. Työstökoneilla paineilmaa ei pääosin tarvita jatkuvasti.

Paineilmakäyttöä on mahdollista korvata kannattavasti muilla tekniikoilla metalliosastolla puhdistuspuhallusten osalta.

Kiviainesosastolla paineilman käyttökohteita on satoja ja kulutus painottuu selvästi tiettyihin kulutuskohteisiin, joten kaikkia kulutuskohteita ei ole tarkoituksenmukaista esittää.

Taulukossa 8 on esitetty kiviainesosaston pääkulutuskohteet, niiden kulutus, painetason tarve, käytön korvattavuus ja vuodot. Taulukon kohdenumerointi viittaa liitteen 3 tehdasrakennuksen pohjapiirrokseen johon on merkitty kunkin kohteen sijainti

Taulukko 8. *Kiviainesosaston paineilman pääkulutuskohteet, kulutus, painetarve, käytön korvattavuus ja vuodot*

Kohde	Laitteet	Käyttö	Ilmavirta m ³ /min	Painetarve bar, arvio bar	Tarve	Vuodot
1	Pneumaattinen siirrin 1 matalapaine	Jaksottainen	1...16	2	kyllä	kyllä
2	Pneumaattinen siirrin 2 matalapaine	Jaksottainen	1...16	2	kyllä	ei
3	Pneumaattinen siirrin 3 matalapaine	Jaksottainen	1...16	2	kyllä	ei
4	Pneumaattinen siirrin 4	Jaksottainen	1...16	6	kyllä	kyllä
5	Jauhimen 1 jäähdytyspuhallus	Jatkuva	2,5	6	korvattavissa	ei
6	Jauhimen 2 jäähdytyspuhallus	Jatkuva	2,5	6	korvattavissa	ei
7	Irrotuspuhallus 1	Jatkuva	1,5	3	kyllä/ei	ei
8	Irrotuspuhallus 2	Jatkuva	1,5	6	kyllä/ei	ei
9	Pölysuodatin A	Jaksottainen	< 1	6	kyllä	ei
10	Pölysuodatin B	Jaksottainen	< 1	6	kyllä	ei
11	Pölysuodatin C	Jaksottainen	< 1	6	kyllä	ei
12	Pölysuodatin D	Jaksottainen	< 1	6	kyllä	ei
13	Pölysuodatin E	Jaksottainen	< 1	6	kyllä	kyllä
14	Pölysuodatin F	Jaksottainen	< 1	6	kyllä	ei
15	Pölysuodatin G	Jaksottainen	< 1	6	kyllä	kyllä
16	Pölysuodatin H	Jaksottainen	< 1	6	kyllä	kyllä

Kulutuskohteiden ilmavirrat perustuvat suureksi osaksi arvioon laitetietojen puuttuessa. Paineilmakäyttöä on mahdollista korvata kannattavasti muilla tekniikoilla kiviainesosastolla jäähdytyspuhallusten osalta. Irrotuspuhalluksia on mahdollista ajastaa.

4 Toimenpide-ehdotukset ja vaikutukset

4.1 Laskentaperusteet

Toimenpide-ehdotusten säästölaskelmissa käytetyt hinnat ovat seuraavat:

- Sähkö 40 €/MWh
- Lämpö 25 €/MWh
- Vesi 0,05 €/m³.

Hinnat ovat arvonlisäverottomia (ALV 0 %) ja edustavat toteutuneita kustannuksia alkuvuodelle 2005. Hiilidioksidivähennämisen laskennassa on käytetty kerrointa 700 kg/MWh.

Toimenpiteet on esitetty siinä järjestyksessä kuin ne suositellaan toteutettavaksi. Edellisen toimenpiteen säästövaikutus on huomioitu seuraavan toimenpiteen laskennassa, jolloin päällekkäisyyksiä säästöpotentiaalissa ei pääse syntymään.

4.2 Toimenpide-ehdotukset

Muutetaan paineilma-aseman kompressoreiden käynnin ohjausta

Tämä toimenpide toteutettiin projektin aikana ja kuvien 2 ja 3 mittausten perusteella metalliosaston työajan ulkopuolisen ajan paineilman tuotannon sähköteho on laskenut vähintään 50...80 kW vuorossa olevasta kompressorista riippuen. Käyttämällä säästöä 70 kW ja vuotuis-
ta käyntiaikaa 6 400 h säästökäsi saadaan 448 MWh/a eli 17 920 €/a.

Lisäksi säästöä saavutetaan myös metalliosaston tuotannon aikana. Koska metalliosaston kulutus on erittäin vaihtelevaa ja kompressoreiden käynti siten vaikeasti ennakoitavissa, muutoksen säästövaikutuksen laskeminen tälle ajalle on todella vaikeaa. Arvioidaan säästökäsi 30 kW ja 2000 h/a perusteella karkeasti 60 MWh/a eli 2 400 €/a. Investointikustannuksia käynninohjausmuutokselle ei syntynyt.

Koska säästö on merkittävä ja paineilma-aseman vuotuiset kulutukset ovat olleet tasaiset, todellinen säästövaikutus tullaan näkemään jatkossa kulutustilastoissa, tosin yhdessä muiden säästötoimien kanssa.

Säästöt	Määrä	Kustannussäästö	CO ₂ -vähentymä
- sähkö	508 MWh/a	20 320 €/a	356 tn/a
Muut vaikutukset			
- tuotannonlisäys	-		
- huoltolisäys	-		
Kannattavuus			
Investointi	0 €		
Takaisinmaksuaika	0 a		

Verkon osien sulkeminen

Tehtaan suunnitelmissa on ollut metalliosaston päälinjojen sulkeminen neljällä kauko-ohjatulla venttiilillä. Mikäli osaston verkosta saataisiin näiden venttiilien avulla kerralla suljettua 50 % ja vuoto pienenesi samassa suhteessa, vuotuinen säästö olisi noin 80 MWh eli 3 200 € sähkön hinnalla 40 €/MWh.

Kustannukset palloventtiileille asennuksineen ovat 2 800 € (2 kpl 4" venttiilejä à 400 €/kpl ja 2 kpl 6" venttiilejä à 1 000 €/kpl).

Säästöt	Määrä	Kustannussäästö	CO ₂ -vähentymä
- sähkö	80 MWh/a	3200 €/a	56 tn/a
Muut vaikutukset			
- tuotannonlisäys	-		
- huoltolisäys	-		
Kannattavuus			
Investointi	2 800 €		
Takaisinmaksuaika	0,9 a		

Vuotojen korjaaminen

Metalliosaston vuotojen kokonaisilmavirraksi mitattiin 11 m³/min ja vuotoihin kuluvaksi sähköenergiaksi 160 MWh/a. Verkon osien sulkemisen jälkeen vuotojen määräksi arvioidaan 5,5 m³/min eli 80 MWh/a. Käymällä verkostoa läpi ja korjaamalla pahimmat vuotokohdat arvioidaan vuotojen tippuvan 20 % jäljellä olevasta määrästä eli noin 1 m³/min eli 16 MWh/a. Säästö olisi tällöin noin 640 €/a. Säästöt on laskettu edellisten toimenpiteiden vaikutukset huomioiden.

Korjauskustannukseksi arvioidaan yhdeltä mieheltä noin 16 h eli noin 480 € + tarvikkeet 100 € eli 580 €

Säästöt	Määrä	Kustannussäästö	CO ₂ -vähentymä
- sähkö	16 MWh/a	640 €/a	11 tn/a
Muut vaikutukset			
- tuotannonlisäys	-		
- huoltolisäys	-		
Kannattavuus			
Investointi	580 €		
Takaisinmaksuaika	0,9 a		

Irrotuspuhalluksiin ajastus

Irrotuspuhalluksessa on puhallusveitsiä kaksi kappaletta. Ilman kulutus n. 1,5 m³/min/kpl. Yhteensä 3,0 m³/min. Puhallukset ovat jatkuvia. Asennettava 2/2-venttiili, joka on auki vain silloin, kun puhallusta tarvitaan. Arvioidaan puhallusajan puolittuvan nykyisestä arviolta 8000 tunnista, jolloin säästö on ominaiskulutuksen avulla laskettuna n. 77 MWh/a eli 3 070 €/a.

Investointikustannukseksi magneettiventtiileille ja niiden ohjauksille arvioidaan 300 €/kpl eli yhteensä 600 €

Säästöt	Määrä	Kustannussäästö	CO ₂ -vähentymä
- sähkö	77 MWh/a	3 070 €/a	54 tn/a
Muut vaikutukset			
- tuotannonlisäys	-		
- huoltolisäys	-		
Kannattavuus			
Investointi	600 €		
Takaisinmaksuaika	0,2 a		

Puhdistuspuhalluksiin matalapainepuhallus

Puhdistuspuhalluksessa on puhallussuuttimia 9 kpl/kohde. Kohteita on 3 kpl. Ilmankulutusarvio n. 1,0 m³/min/kohde eli yhteensä 3 m³/min. Puhallus oli päällä jatkuvasti eli n. 2000 h/a. Sähköteho on ominaiskulutuksen avulla laskettuna n. 19 kW ja vuotuinen kulutus 38 MWh.

Suositellaan matalapainepuhalluksen käyttämistä. Matalapainepuhalluksen arvioitu kulutus on 3 kpl *1,5 kW*2000 h eli 9 MWh/a.

Korvaamalla puhallukset matalapainepuhalluksilla säästöä syntyisi noin 29 MWh/a eli 1 160 €/a. Investointikustannukseksi matalapainepuhallimille asennuksineen ja muutostöineen arvioidaan noin 800 €/kpl eli 2400 €

Säästöt	Määrä	Kustannussäästö	CO ₂ -vähentymä
- sähkö	29 MWh/a	1 160 €/a	20 tn/a
Muut vaikutukset			
- tuotannonlisäys	-		
- huoltolisäys	50 €/a		
Kannattavuus			
Investointi	2400 €		
Takaisinmaksuaika	2,1 a		

Jäähdytyspuhalluksiin matalapainepuhallus

Jäähdytyspuhalluksessa puhallussuuttimia on 5 kpl/kohde. Kohteita on 2 kpl. Ilmankulutusarvio on n. 2,5 m³/min/kohde eli yhteensä 5 m³/min. Puhallus oli päällä jatkuvasti eli n. 8000 h/a. Sähköteho on ominaiskulutuksen avulla laskettuna n. 32 kW ja vuotuinen kulutus 256 MWh.

Suositellaan matalapainepuhalluksen käyttämistä. Matalapainepuhalluksen arvioitu kulutus on 2 kpl *10 kW*8000 h eli 160 MWh/a. Korvaamalla puhallukset matalapainepuhalluksilla säästöä syntyisi noin 96 MWh/a eli 3 840 €/a.

Investointikustannukseksi matalapainepuhallimille asennuksineen ja muutostöineen arvioidaan listahintojen perusteella noin 4 200 €/kpl eli 8 400 €

Säästöt	Määrä	Kustannussäästö	CO ₂ -vähentymä
- sähkö	96 MWh/a	3 840 €/a	67 tn/a
Muut vaikutukset			
- tuotannonlisäys	-		
- huoltolisäys	50 €/a		
Kannattavuus			
Investointi	8 400 €		
Takaisinmaksuaika	2,2 a		

Painetason laskeminen

Painetaso on melko korkea ja sitä pystytään todennäköisesti alentamaan. Suositellaan koetta, jossa kompressoriaseman painetasoksi asetellaan ensin 7,0 bar ja jos tästä ei aiheudu ongelmia, painetta voidaan laskea edelleen asteittain kohti arvioitua tavoitearvoa 6,2 bar. Päiväi- kaan tämä ei välttämättä ole mahdollista/kannattavaa, sillä metalliosaston paineilmatyökä- lät toimivat sitä paremmin mitä korkeampi paine. Lisäksi niiden ilman kulutus saattaa kasvaa paineen alentuessa.

Painetason alennus voidaankin todennäköisesti toteuttaa vain arjen klo 05.00–14.00 ul- kopuolisena aikana. Henkilökunnan mukaan aikaisemmin on kokeiltu painetason pudotta- mista yöaikaan. Tällöin esteeksi muodostuivat polttimien jäähdytysten tarpeet. Tarkastus- käynnillä polttimien paineet olivat 3,5–4,6 bar paineenalennusventtiilin jälkeen. Mikäli pai- neenalennuksesta tulee ongelmia polttimien suhteen, niiden ongelmien syyt kannattaa selvit- tää ja pyrkiä ratkaisemaan.

Edellisten toimenpiteiden perusteella tuleva vuotuinen paineilma-aseman kulutus on laskenut vuoden 2004 kulutuksesta 1898 MWh tasolle n. 1092 MWh, josta kompressoreiden kulutus on karkeasti 1 000 MWh. Mikäli arvioidaan, että painetta kyetään laskemaan 1 bar (7,5 ->6,5), se merkitsisi n. 6–7 % kulutuksenlaskua. Nykyisellä kalustolla tätä kaikkea ei saa- da hyödyksi (tuottokäyntiä siirtyy kevennyskäynniksi), joten arvioidaan kertoimeksi 0,7 eli säästö olisi tällöin 4–5 % eli noin 45 MWh/a eli 1 800 €/a.

Säästöt	Määrä	Kustannussäästö	CO ₂ -vähentymä
- sähkö	45 MWh/a	1 800 €/a	32 tn/a
Muut vaikutukset			
- tuotannonlisäys	-		
- huoltolisäys	-		
Kannattavuus			
Investointi	0 €		
Takaisinmaksuaika	0 a		

Hankitaan pienempi kompressori taajuusmuuttajalla

Viikonloppuisin ja arkisin klo 14.00–04.30 tehdään keskikulutukseksi saatiin ilmvirtamittauk- sella 2.–3.2.2005 noin 8,5 m³/min ja sähkötehommittauksella 6.3.2005 noin 18 m³/min. Nyt tä- mä ilmvirta joudutaan tuottamaan isolla 35 m³/min kompressorilla. Kevennyskäyntiä on siis todella paljon riippumatta siitä, kumpi mittaus oli oikeassa vai oliko kulutus tehtaalla muut-

tunut. Suositeltavaa on hankkia pienempi taajuusmuuttajalla varustettu kompressori, jolla ajetaan viikonloppuisin ja arkisin klo 14.00–04.30 eli noin 6400 h/a.

Tehtaan todellinen kulutus tulee selvittää pitkällä (vähintään 1 viikko) seuranta-mittauksella muiden säästötoimenpiteiden toteutuksen jälkeen, jotta todellinen paineilman tarve saataisiin selvitettyä tarkasti.

Arvioidaan karkeasti, että jatkossa Viikonloppuisin ja arkisin klo 14.00–04.30 keskimääräinen kulutus voisi olla noin 12 m³/min. Pienemmällä taajuusmuuttajalla varustetulla kompressorilla (esim. Nordic Pressure TK 76 VSD, max 14 m³/min) saavutettaisiin arviolta keskimäärin n. 35 kW tehonsäästö. Sähkön säästökseen saadaan näillä arvoilla noin 224 MWh/a eli 8 960 €/a verrattuna nykyisten laitteiden säästötoimenpiteiden jälkeiseen arvioituun tilanteeseen.

Em. Nordic Pressure kompressorin listahinta on 32 800 € Arvioidaan siitä saatavan alennuksen kattavan rahti ja asennuskustannukset.

Säästöt	Määrä	Kustannussäästö	CO ₂ -vähentymä
- sähkö	224 MWh/a	8 960 €/a	157 tn/a
Muut vaikutukset			
- tuotannonlisäys	-		
- huoltolisäys	-		
Kannattavuus			
Investointi	32 800 €		
Takaisinmaksuaika	3,7 a		

4.3 Jatkoselvitykset ja -tutkimukset

Jatkoselvitystä tai -tutkimuksia suositellaan

- Toimenpide-ehdotuksen ”Hankitaan pienempi kompressori taajuusmuuttajalla” varmistavat mittaukset muiden säästötoimenpide-ehdotusten toteutuksen jälkeen
- Selvitetään sopiiko matalapainekompressorin jäähdytysilma tehdashallin 1 lämmittämiin ilman laatuvaatimusten puolesta.

5.1 Tehostamissuunnitelma ---

Toimenpide-ehdotusten toteuttaminen voidaan tehdä yrityksen oman henkilökunnan toimesta tai tilata ulkopuoliselta yritykseltä.

Ennen toimenpiteiden toteuttamista on suositeltavaa nimetä yrityksessä projektille vastuhenkilö. Toimenpiteet, joiden osalta energiatuen saamisen edellytykset täyttyvät, tulee koota yhteen ja lähettää nämä TE-keskukseen energiainvestointitukihakemuksena.

Varsinaisten säästötoimenpiteiden lisäksi havaittiin lukuisia muita huoltoa, kunnossapitoa, järjestelmän toiminnan kehittämistä ja paineilman laatua koskevia seikkoja:

- Liitetään säännöllinen vuotokartoitus ja vuotojen korjaus huolto-ohjelmaan
- Lisätään paineilma-aseman kompressoriin 2 toinen lämmönvaihdin kuumenemisongelman poistamiseksi
- Selvitetään uusintamittauksin toimenpiteet matalapainekompressorille paineilma-aseman toimenpiteiden jälkeen. Vaihtoehtona nykyisille ratkaisuille on ilman otto paineenalennusventtiiliin kautta korkeapaineverkosta. Vaihtoehto saattaisi olla osalle kannattava, mikäli matalapainekompressorin kevennyskäynnin osuus on suuri. Samassa yhteydessä tulee selvittää mahdollisuus kytkeä yksi matalapainekompressori palvelemaan useampia siirtopalloja.
- Toteutetaan jauheen 1 jätteen siirtopallon esitetyt logiikkamuutokset
- Tarkastetaan paineilmasäiliöiden tarkastusajankohdat ja tarkistutetaan ne tarvittaessa.
- Kokeillaan adsorptiokuivaimen kastepisteen nostoa kesällä
- Muutetaan korkeapaineverkon kuivaimen lauhteenpoisto automaattiseksi
- Huolletaan matalapaineverkon kuivain
- Käsitellään paineilma-aseman lauhteet ennen viemäriin laskemista
- Jos kosteudesta tulee ongelmia, hankitaan verkoston kylmiin osiin adsorptiokuivain tai eristetään putket
- Uusitaan paineilma-verkosta työnjohdon asettamien tavoitteiden mukaisesti
- Alennetaan matalapainekompressorin imuilman lämpötilaa rakentamalla tälle säätöpellin varustettu imukanava ulkoa
- Tutkitaan pneumaattisten siirtimien siirtoajan lyhentämisen mahdollisuutta
- Vaihdetään suodatinpatruunat useammin
- Matalapainekompressorin paineanturi paikka on suositeltavaa siirtää matalapaineverkon paineilmasäiliön jälkeen, jolloin kompressorin käyntiä saadaan rauhoitettua
- Matalapaineverkon pneumaattisten siirtimien käyttöä on suositeltavaa ohjeistaa siten, että kaikki neljä siiloa täytetään peräkkäin mahdollisimman täyteen, jotta kompressorille saataisiin pitkä tauko, jolloin se pysähtyy kokonaan
- Lisäksi on suositeltavaa kokeilla voidaanko siirtojakson loppuosan putkiston tyhjennyspuhallusta lyhentää.

5.2 Energiatehokkuuden seuranta ja raportointi

Energiatehokkuuden ja raportoinnin kehittämistä varten suositellaan seuraavia toimenpiteitä:

- Paineilmajärjestelmälle nimetään selkeä vastuhenkilö
- Kompressoreiden käyntituntimääriä on seurattava tarkemmin ja huollot tilattava ajallaan
- Suositellaan ilmavirtamittareiden hankkimista osastojen runkolinjoihin. Mittausten avulla paineilman kustannukset voidaan jakaa tarkemmin, mahdolliset häiriötilanteet havaitaan nopeasti ja pystytään arvioimaan kapasiteetin riittävyys laajennus tai kompressoreiden uusimistilanteessa.
- Pidetään huoltotöistä, korjauksista ja toimintahäiriöistä huoltokirjaa

5.3 Tiedottaminen ja henkilöstön koulutus

Henkilöstölle on sovittu pidettäväksi tiedotus- ja koulutustilaisuus raportin valmistumisen jälkeen 1.4.2005. Tilaisuuden tavoitteena on tiedottaa paineilman energiankulutuksen merkittävyydestä. Koko henkilöstölle tulee jakaa vastuuta paineilman väärien ja turhien käyttöjen tunnistamisesta ja välttämisestä sekä vuotojen havainnoimisesta ja tiedottamisesta.

5.4 Uusintamittaukset

Paineilmalaitoksen samanaikainen sähköntehon ja ilmavirran kontrollimittaus on sovittu tehtäväksi syksyllä 2005, kun pääosa toteuttamiskelpoisista ehdotuksista on toteutettu.

5.5 Uusintakatselmukset

PATE-analyysi uusitaan 3–5 vuoden kuluttua eli n. 2010 tai aikaisemmin, mikäli paineilma-verkoston tai paineilmaa käyttäviin koneisiin ja laitteisiin tehdään merkittäviä muutoksia.

LIITTEET

- 1 Paineilmakeskuksen laite- ja verkostokaavio
- 2 Metalliosaston pohjapiirustus ja paineilmaverkosto
- 3 Kiviainesosaston pohjapiirustus ja paineilmaverkosto
- 4 Paineilman kulutuksen jakauman Sankey-diagrammi
- 5 Valokuvat