

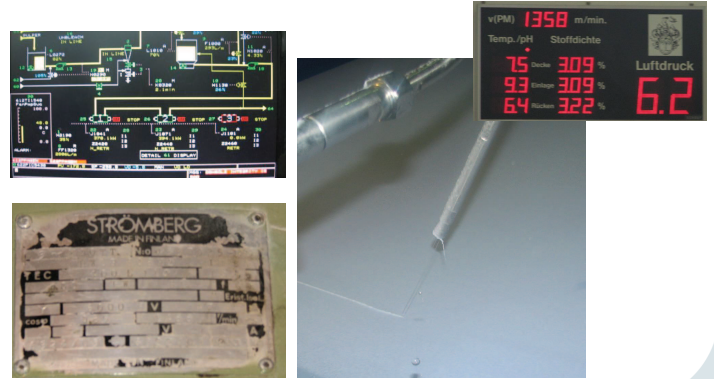
materiaalitehokkuus koulut energiansäästö
 kuluttajat teollisuus kuljetus hiilidioksidi
 hake liikenne kiinteistöt julkinen sektori
 uusiokäyttö uusiutuva energia ympäristö ilmastomuutos
 energiategokkuus kunta-ala
 palveluala vesivoima tuulivoima yhteistyö
 aurinkoenergia

Mittaustulosten analysointi

Teemu Turunen
 29.11.2012

lämpöpumppu bioenergia energiakatselmus rakentaminen

Visuaalinen analyysi: kamera on tärkein työkalu auditissa



Tulosten analyysi menetelmiä

- Energiamittausten tulosten analyysimenetelmät voidaan jakaa karkeasti viiteen seuraavaan luokkaan:
 1. Visuaalinen analyysi
 2. Tilastollinen analyysi
 3. Massatase analyysi
 4. Kannattavuus analyysi
 5. Raportointi
- Käytettävät analyysimenetelmät valitaan tarkastelun tavoitteen ja laajuuden mukaan

Tulosten siirto mittalaitteista analysoitavaksi ja datan käsittely

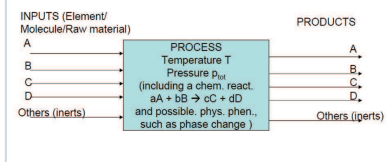
- Jotta mittausten data saadaan analysoitavaan muotoon, täytyy data tyypillisesti siirtää mittalaitteesta joko mittarin omaan analyysiohjelmaan tai esimerkiksi MS Exceliin
 - Siirtomuoto eri analyysisovellusten välillä voi olla esimerkiksi txt tai ASCII
- Itse analyysi ohjelmassa voi olla puolestaan tarve käsitellä dataa, jotta johtopäätösten tekeminen olisi helpompaa ja tulokset luotettavampia
 - Virheellisten pisteiden filterointi
 - Aikaleimojen täsmäys
 - Analyysijaksojen jaottelu
- Markkinoilla saatavilla ohjelmistoja, joiden avulla datan käsittely helppoa ja nopeaa

Tilastolliset analyysimenetelmät

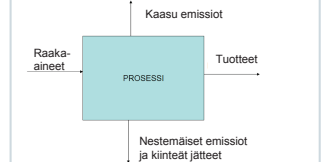
- Tyypillisesti voidaan sanoa, että mitä vaativampi ja monimutkaisempi prosessi, sitä enemmän on tarvetta hyödyntää tilastollisia analyysi menetelmiä
 - Yksinkertaisten prosessien tapauksessa voi olla riittävää tarkastella vain keskiarvo ja hajontalukuja
 - Monimutkaisemmissa prosesseissa eri tekijöillä on riippuvuuksia muualle prosessiin, jolloin voi olla hyödyllistä tarkastella esimerkiksi herkkyksiä tai muutoksen kulmakertoa
 - Molemmista tapauksista voidaan joutua esikäsittämään dataa esim. suodattamalla pois epäluotettavia pisteitä
- Yleisesti voidaan sanoa, että yksinkertaisissa prosesseissa riittää työkaluksi MS Excel kun taas monimutkaisemmissa voi olla hyödyllistä käyttää sovelluksia, joiden avulla voidaan piirtää esim. korrelaatiomatriiseja

Massatase analyysi

Raaka-ainetase



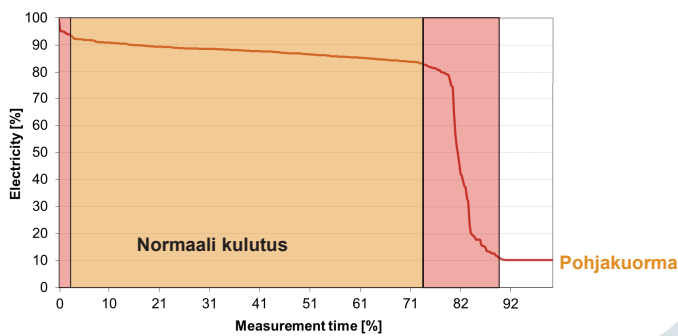
Raaka-ainetase



$$\begin{aligned} \text{Massa sisään} &= \text{Massa ulos} + \text{varastoitunut massa} \\ \text{Raaka-aineet} &= \text{Tuotteet} + \text{Jätteet} + \text{Varastoidut materiaalit} \\ \Sigma m_R &= \Sigma m_P + \Sigma m_W + \Sigma m_S \end{aligned}$$

Kestävyyssäily

Piikkikulutus

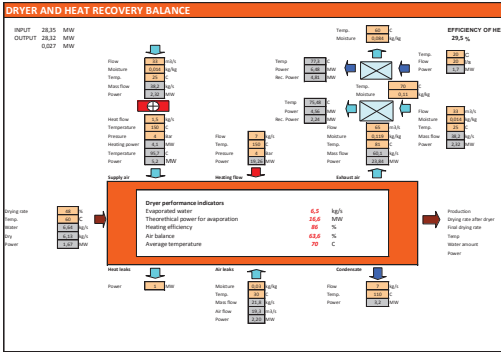


Massataseen luominen

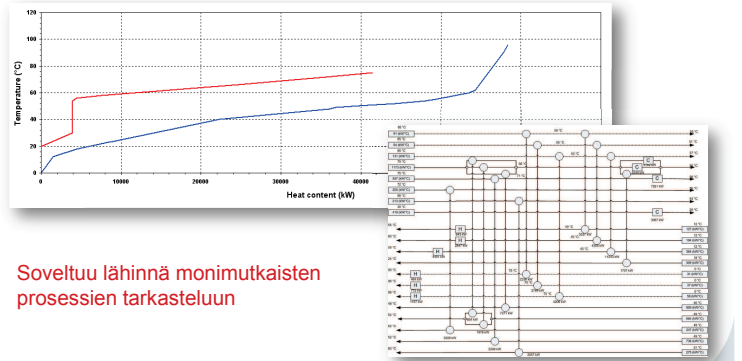


Riittävän yksinkertainen mutta prosessia kuvaava tase

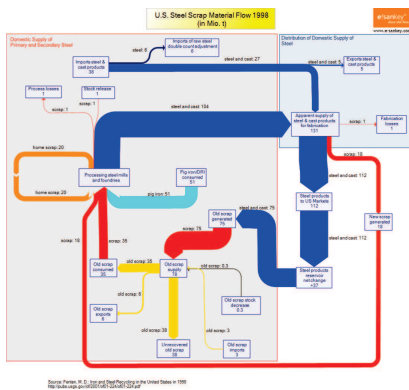
Massataseen hyödyntäminen vaihtoehtoisten toimintatapojen kartoituksessa



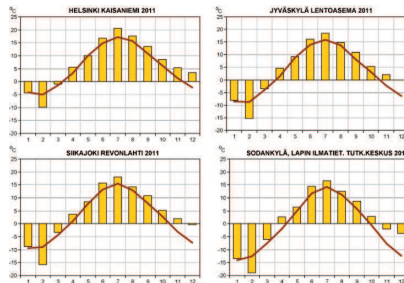
Pinch-analyysi



Massataseen jalostaminen Sankey-digrammiksi



Ajallisen muutoksen huomioiminen



Kun tuloksia analysoidaan täytyy ajallisten olosuhteiden vaikutukset pystyä huomioimaan

- Pitkät mittausjaksot
- Tasetarkastelun laajentaminen
- Kesä-talvi tarkastelupisteet
- ...

Toimenpiteen kannattavuuden tarkastelu

- Tehostamisinvestoinnin kannattavuuden arvioimiseen olemassa eri menetelmiä, joiden käyttäminen energiatarkestuissa riippuu kohdeyrityksen politiikasta
 - Nykyarvomenetelmä
 - Annuiteettimenetelmä
 - Sisäisen korkokannan menetelmä
 - Pääoman tuottoaste menetelmä
 - Suora takaisinmaksuaika
- Koska tyypillisesti energiatehokkuus investointien "elinikä" on suhteellisen lyhyt, käytetään yleisesti kannattavuuden arvioinnissa takaisinmaksu aikaa
- Suurten ja eliniältään pitkien investointien tarkastelussa suositellaan käytettäväksi kehittyneempi menetelmiä (1 – 3)

$$\text{Takaisinmaksuaika} = \frac{\text{Investoinnin vuotuiset hankintamenot}}{\text{Vuotuiset nettotuotot}}$$

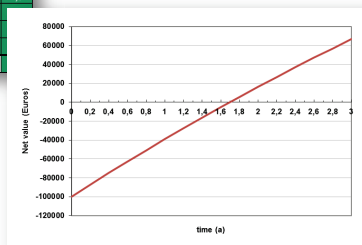
Kustannusten arvioinnista

- Energiatehokkuuden parantaminen pystytään arvioimaan suhteellisen tarkasti, mutta monessa tapauksessa vaadittavan investoinnin määrän arviointi voi olla haastavaa
- Tärkeää ottaa mukaan kaikki kustannukset. Esimerkiksi kiinteän virtausmittauksen hankinnassa on huomioitava ainakin seuraavat kustannustekijät
 - Mittauslaitteen ja lähettimen investointi
 - Virransyötön järjestäminen mittalaitteelle
 - Kaapelit + kaapelointityö
 - Mittauksen konfigurointi automaatiojärjestelmään
 - Mahdollisten läpivientien toteutus
 - Työn valvonta, käyttöönotto ja testaus

➔ Käytännössä kokonaiskustannukset voivat olla moninkertaiset suhteessa itse mittalaitteen investointikustannukseen

Esimerkkejä kannattavuustarkasteluista

Internal discount rate (%)	Energy saving potential (%)									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
5	5.8	3.9	3.0	2.5	2.1	1.8	1.6	1.4		
7	6.0	4.1	3.1	2.5	2.1	1.8	1.6	1.4		
10	6.8	4.5	3.4	2.7	2.2	1.9	1.7	1.5		
12		4.8	3.5	2.8	2.3	2.0	1.7	1.5		
15			5.3	3.8	3.0	2.4	2.1	1.8		
17				5.7	4.0	3.1	2.5	2.1	1.8	
20					6.5	4.4	3.3	2.7	2.2	1.9
25						6.2	3.7	2.9	2.4	2.1



Laskentaohjelmia kannattavuusarvioinnin tueksi

- Pumput ja puhaltimet
 - Eri virtaussäätömenetelmien vertailu taajuusmuuttajalla toimivaan moottoriin
 - Fansave ja Pumpsave, ABB
 - <http://www.abb.fi/product/seitp322/5fcd62536739a42bc12574b70043c53a.aspx>
 - <http://www.abb.fi/product/seitp322/5b6810a0e20d157fc1256f2d00338395.aspx>
- Valaistus
 - Eri valaistusmenetelmien elinkaarikustannusten vertailu
 - http://www.valosto.com/tiedostot/lcc-malli_v2.xls

Raportointi osana tulosten analysointia

- Raportin muodolla ei tyypillisesti merkitystä, kunhan sen avulla saadaan siirrettyä haluttu informaatio kuulijalle
- Hyväksi havaittuja raportointikäytäntöjä
 - Ehdotettujen toimenpiteiden yhteenvetotaulukko raportin alkuun
 - Hierarkkinen rakenne (esim. prosessihierarkian mukainen)
 - Perusteelliset säästö- ja kannattavuuslaskelmat esitettynä esim. liitteessä
 - Priorsoidut toimenpidesuosituks (esim. punainen, keltainen, vihreä)
 - Jos toimenpiteiden suorittamisjärjestyksellä on lopputuloksen kannalta merkitystä, on se kerrottava selvästi
 - Kohteen reunaehtojen huomioiminen mahdollisuuksien mukaan (usien yhteistyössä asiakkaan kanssa)
 - Raportin läpikäynti yhdessä asiakkaan kanssa

Tyypillisimmät virhelähteet energiakatselmuksessa

- Mittausvirheet
 - Mittalaitteiden mitta-alue
 - Mittausmenetelmän valinta
 - Riittävät mittaussjaksot, toistot, mitta-alue/-kohta (profiilit)
- Vuodenaikojen vaihteluiden huomioiminen
- Tuotantovaihtelut ja tuotannon laadun vaatimukset
- Käyntiaikojen arviointi
- Investoinnin tuomat kulut, muutostöiden arviointi

Esimerkki raportointi ”paketin sisällöstä”



2 -sivun yhteenveto/priorsointi toimenpiteistä

Yhteenveto sisältäen havainnot, mittaustulokset ja perustellut toimenpidesuosituks

Priority	Measure	Estimated savings	Actual savings	Investment	Payback period	Comments
High	Energy efficiency measures	1000000	800000	500000	1.25 years	Implementation planned for Q1 2013
Medium	Staff training	500000	400000	200000	1.25 years	Completed in Q4 2012
Low	Energy audits	200000	150000	100000	1.33 years	Completed in Q3 2012

Kannattavuuslaskelmat taulukoidusti