

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

## Energiatehokas höyry- ja lauhdejärjestelmä

Koulutusmateriaali

lämpöpumppu bioenergia energiakatselmus rakentaminen

# Höyry- ja lauhdejärjestelmä

- Höyryä käytetään paljon erilaisten teollisuuden prosessien lämmittämiseen ja työn tekoon sen monien hyvien ominaisuuksien takia:
  - Myrkytön ja turvallinen.
  - Höyryn siirtäminen ja kuljettaminen on helppoa.
  - Korkea lämpökapasiteetti
  - Höyryn lämpötilaa on helppo hallita paineen avulla.
  - Halpa verrattuna esimerkiksi kuumaöljyjärjestelmiin.
- Faasimuutokseen liittyy huomattava lämmönsiirto, sillä vesihöyryn höyrystymislämpö on hyvin suuri.
- Höyryjärjestelmän tehtävä on kuljettaa höyryä prosessin monille höyryn loppukäyttäjille.
- Höyry- ja lauhdejärjestelmän energiatehokkuutta parantamalla voidaan saada aikaan suuriakin taloudellisia säästöjä.

# Höyry- ja lauhdejärjestelmän energiatehokkuuden parantaminen

- Höyry- ja lauhdejärjestelmän energiatehokkuuden kannalta on tärkeää, että seuraaviin asioihin on kiinnitetty huomiota:

## Suunnittelu:

- a) Putkiston painetaso on valittu käyttökohteen perusteella ja putket on mitoitettu oikein.
- b) Putkiston häiriöt on minimoitu.

## Lauhteenkäsittely:

- c) Lauhteenpoisto on riittävää ja se on toteutettu oikein.
- d) Lian- ja ilmanpoistoon on myös kiinnitetty huomiota.
- e) Lauhteenerottimet on valittu ja huollettu oikein.
- f) Lauhteenpalautus on tehokasta.
- g) Hönkähöyryt hyödynnetään.

## Häviöiden minimointi:

- h) Vuodot on minimoitu.
- i) Putkisto ja komponentit on eristetty.
- j) Järjestelmään kytketyt laitteet toimivat oikein ja energiatehokkaasti.

## a) Putkiston paine ja putkien mitoitus

- Höyryverkoston paine tulee määritellä höyryn loppukäytön paine- ja lämpötilatason perusteella.
- Korkeapaineisen höyryn käytön etuja ovat:
  - höyryn pienempi tilavuus, jonka ansiosta voidaan käyttää pienempiä putkia.
  - kylläisen höyryn korkeampi lämpötila.
  - mahdollisuus paisuttaa höyryä monelle eri painetasolle, käyttökohteiden tarpeista riippuen.
- Korkeapaineisen höyryn käytön haittoja ovat:
  - tarve käyttää paksumpiseinäisempiä putkia.
  - höyryn vuotohäviöiden kasvu.
  - lämpöhäviöiden kasvu.
- Verkosto voidaan jakaa paineenalennusventtiileillä eri painetasoihin.
- Höyryverkoston paine ei saa vaihdella paljoa.
- Kun on selvitetty prosessin tarvitsema painetaso, pitää putkilinjat mitoittaa sen mukaan.
  - Liian pienissä putkissa ei prosessiin saada tarpeeksi höyryä.
  - Liian suuret putket lisäävät lämpöhäviöitä.
  - Lauhdeputkiston oikea mitoitus on yhtä tärkeää kuin höyryputkienkin.

## b) Putkiston häiriöt

- Höyryputkiston paine laskee aina, kun virtausta häiritään tai sen suuntaa muutetaan.
- Putkiston painetta laskevat mutkat, siihen kiinnitetyt komponentit kuten venttiilit sekä putkiston pituus.
- Venttiilien, mutkien ja liitäntöjen vaikutus paineen laskuun on erityisen tärkeä ottaa huomioon suunnitteluvaiheessa.
  - Loivat käännökset ovat parempi ratkaisu kuin jyrkät mutkat.
  - Venttiin valinnassa tulee kiinnittää huomiota minkälainen vaikutus venttiilillä on virtaukseen ja putkiston paineeseen.
- Olemassa olevasta putkistosta tulisi poistaa tarpeettomat taivutukset ja mutkat, sekä käyttämättömät venttiilit ja muut laitteet.

Putken koko (mm)	Suora kulma (90°)	Pyöristetty kulma (90°)	Kolmihaara (virtaus suoraan haarasta)	Läppäventtiili (auki)	Palloventtiili (auki)
50	1.5	0.6	3.0	0.7	17
65	2.0	0.8	4.0	0.85	22
80	2.4	1.0	4.8	1.0	27
100	3.0	1.2	6.0	1.3	34
125	3.75	1.5	7.5	1.6	43
150	4.5	1.8	9.0	2.0	51
200	6.0	2.4	12.0	2.6	68

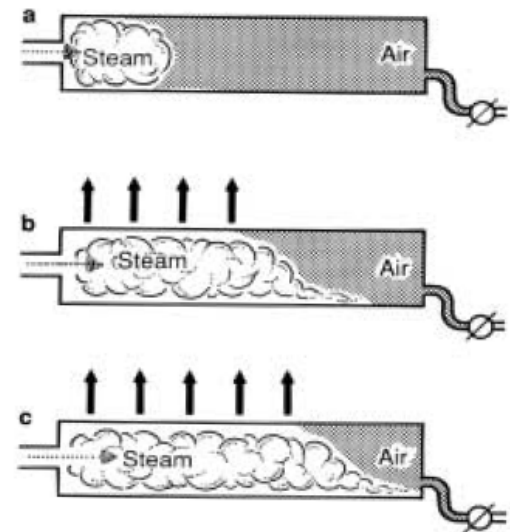
Putkiston häiriöiden vaikutus virtaukseen suhteutettuna suoran putken aiheuttamaan vastukseen (m). [ERI 2000a]

## c) Lauhteenpoisto

- Tehokas lauhteenpoisto on yksi tärkeimmistä höyryjärjestelmän energiatehokkuuteen vaikuttavista toimenpiteistä.
  - Lauhteenpoisto auttaa minimoimaan energiankulutusta ja lisää tuottavuutta.
- Höyrystä lauhtunut vesi tulee poistaa höyryputkesta koska
  - Lauhde vähentää tilavuutta, jossa höyry pystyy putkessa kulkemaan.
  - Lauhde myös vaurioittaa putkea sekä siihen liitetyjä laitteita.
  - Lauhde heikentää lämmönsiirtoa lämmönsiirtopinnoilla.
  - Lauhteen kerääntyminen putkeen voi myös tukkia putken ja estää höyryn pääsyn lämmitettävään kohteeseen.
- Lauhde poistetaan lauhteenerottimilla.

## d) Lian- ja ilmanpoisto

- Höyryputkista on tärkeää poistaa sinne päässyt ilma sekä muut kondensoitumattomat kaasut.
  - Ilma on tehokas eriste. Siksi se aiheuttaa kylmiä kohtia putkistoon ja huonontaa lämmönsiirtoa lämmönsiirtopinnoilla.
  - Ilman sekoittuminen höyryyn alentaa se tehollista lämpötilaa.
  - Ilma voi tukkia höyryputkia ja estää höyryn virtaamisen.
  - Ilma rasittaa putkistoa ja on yksi syy korroosioaurioihin.
- Ilma voidaan poistaa manuaalisesti tai automaattisen ilmanpoiston avulla.
- Lauhteenerottimilla pystytään myös poistamaan putkistoon päässyt ilma ja muut kaasut sekä virtauksessa oleva lika.



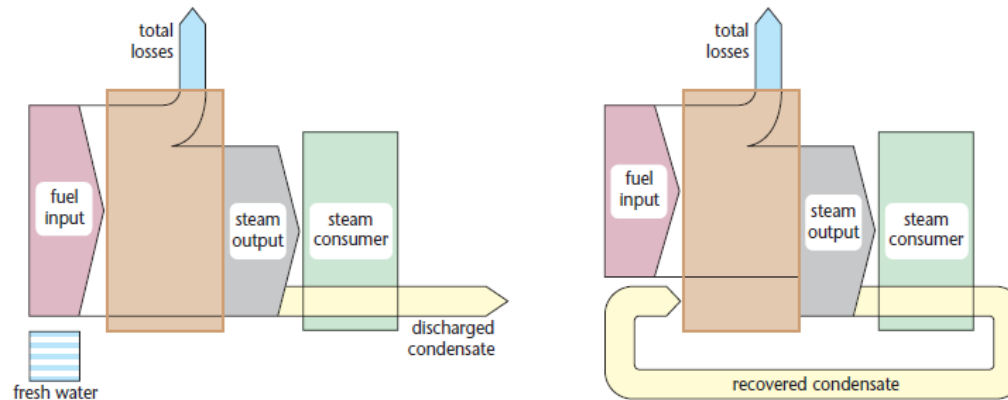
*Ilman aiheuttama tukos putkistossa. [ERI 2000a]*

## e) Lauhteenerottimet

- Lauhteenerottimen kolme tärkeintä tehtävää ovat:
  - Poistaa putkistoon muodostunut lauhde mahdollisimman nopeasti.
  - Estää höyryn karkaaminen.
  - Poistaa ilma ja muut kaasut putkistosta.
- Lauhteenerottimista ei saisi päästä höyryä karkaamaan.
  - Joidenkin erottimien toiminnan kannalta pienen höyrymäärän karkaaminen on kuitenkin välttämätöntä.
- Lauhteenerottimia on paljon erilaisia ja ne voidaan jakaa kolmeen ryhmään toimintaperiaatteen mukaan:
  - Mekaaniset lauhteenerottimet
  - Termodynaamiset lauhteenerottimet
  - Termostaattiset lauhteenerottimet
- Jotta prosessiin valittaisiin oikean tyyppinen lauhteenerotin on ainakin seuraaviin asioihin kiinnitettävä huomiota:
  - Maksimi ja minimi paine, paineen vaihtelu, prosessin lämpötila, lauhteen määrä, putken koko ja liitântätapa.
  - Laitoksen käynnistyksen yhteydessä syntyvän lauhteen määrä ja poistaminen.
- Lauhteenerottimissa tyypillisesti esiintyviä vikoja ovat:
  - Tukkeutuminen, höyryn vuoto ja lauhteen puutteellinen erottuminen.
  - Väärä mitoitus ja käyttö.
- Lauhteenerottimien kunnossapito on tärkeää niiden energiatehokkaan toiminnan kannalta. Lauhteenerottimen kunto voidaan tarkastaa visuaalisesti, akustisesti, termisesti tai valvontalaitteistolla.

## f) Lauhteenpalautus

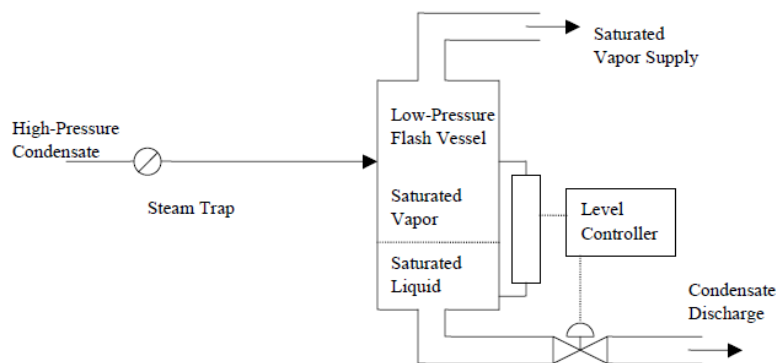
- Höyry lauhtuu vedeksi luovuttaen lauhtumisenergiansa. Lauhteen lämpösisältö on kuitenkin edelleen suuri.
- Lauhteenpalautuksen etuja ovat mm.
  - Polttoineen säästö ja prosessin tehostuminen.
  - Lisäveden tarpeen ja sen puhdistustarpeen väheneminen.
  - Jäteveden käsittelytarpeen vähentyminen.
- Yleensä lauhdejärjestelmään kiinnitetään tehtailla paljon vähemmän huomiota kuin höyryjärjestelmään.
  - Lauhteiden kierrätyksen tärkeyttä ei ymmärretä ja lauhdejärjestelmään ei haluta investoida. Siksi lauhteet usein johdetaan viemäriin.
  - Lauhteenpalautusputken mitoittamista on vaikea arvioida. Siksi ne mitoitetetaan usein riittämättömiksi.
  - Lauhteen palautusta vältetään myös koska pelätään vuotojen aiheuttamaa likaantumista. Vuodot voidaan kuitenkin välttää säännöllisillä tarkastuksilla.



Lauhteenpalautuksella voidaan säästää polttoainekustannuksissa. [UNEP 2004]

## g) Hönkähöyry

- Hönkähöyryä muodostuu, kun korkeapaineista lähellä kylläistä pistettä olevaa lauhdetta johdetaan matalampaan paineeseen.
  - Hönkähöyryn määrä riippuu mm. paine-erosta, mutta tyypillisesti sitä muodostuu n. 10 % lauhteen määrästä.
- Hönkähöyryn hyödyntäminen on tärkeä osa höyryjärjestelmän energiatehokkuutta.
  - Toisaalta hyödyntämätön hönkähöyry voi aiheuttaa ongelmia lauhdeverkostossa, jos esimerkiksi lauhdeputket ovat liian pienet.
- Hönkähöyryn kerääminen ja käyttö:
  - Vähentää höyrynkulutusta.
  - Lisää lauhdevesiverkoston kapasiteettia.
- Hönkähöyryllä voidaan:
  - Esilämmittää palamisilmaa, prosessi-ilmaa tai tehdashallia.
  - Käyttää suoraan matalapainehöyryä tarvitsevassa kohteessa.
  - Lämmittää lauhdetta tai esilämmittää prosessivettä.



*Tyypillinen hönkähöyryn talteenottolaitteisto. [Harrel 2002]*

## h) Vuodot (1/2)

- Höyry on kallis käyttöhyödyke ja sen vuodot voivat aiheuttaa suuria taloudellisia menetyksiä.
- Höyryjärjestelmän vuodot:
  - Alentavat verkoston painetta ja tehoa.
  - Tuhlaavat lauhdetta, jota voitaisiin vielä hyödyntää.
  - Voivat aiheuttaa kosteusvaurioita.
  - Kastelevat putkien eristeet ja aiheuttavat lämpöhäviöitä ja korroosiota.
  - Aiheuttavat turvallisuusriskin ja vaikuttavat työmukavuuteen.
- Vuodon määrään vaikuttavat vuotokohtan koko ja putkiston paine. Alla olevassa taulukossa on arvioitu vuotuisia vuotomääriä putkiston paineen ja vuotoaukon koon suhteen.

Vuotoaukon halkaisija (mm)	Vuotuinen höyryvuoto			
	3.5 kg/cm <sup>2</sup>		7 kg/cm <sup>2</sup>	
	tonnia	US\$	tonnia	US\$
1.5	29.0	667	47.0	1 081
3.0	116.0	2 668	193.0	4 439
4.5	232.0	5 336	433.0	9 959
6.0	465.0	10 695	767.0	17 641

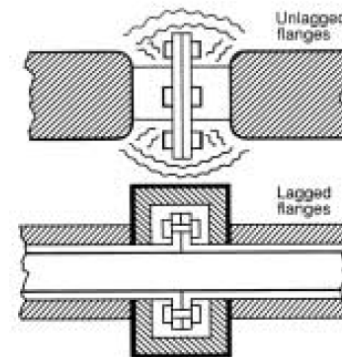
*Vuotoaukon koon ja putkiston paineen vaikutus vuotuisiin häviöihin. [UNEP 2004]*

## h) Vuodot (2/2)

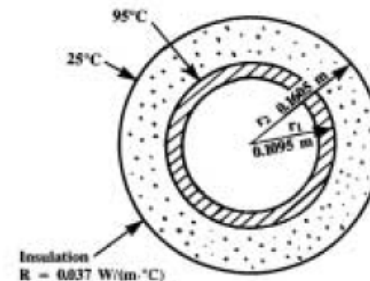
- Vuotojen ehkäisemiseksi:
  - Säännölliset vuototarkastukset.
  - Höyrynsyöttö on suljettava, kun laite ei ole käytössä.
  - Varoventtiilit on johdettava omina putkinaan ulos, jolloin vuodot on helpompi havaita.
- Tyypillisiä vuotokohtia ovat:
  - Lauhteenerottimet
  - Vaurioituneet putket
  - Laippaliitokset
  - Varo- ja sulkuventtiilit
- Lauhteenerottimet ovat tyypillisimpiä vuotokohtia höyry- ja lauhdeverkostossa.
  - Lauhteenpoistimien vuodot aiheuttavat vastapaineen kasvua kun lauhdepuolen lämpötila kasvaa vuotohöyryn takia sekä höyrynkulutuksen ja pumppaustarpeen kasvua.
  - Höyryverkostossa, jossa lauhteenerottimia ei ole tutkittu 3 -5 vuoteen, vuotaa 30 % lauhteenerottimista, kun taas säännöllisesti tarkastetussa verkostossa vain 5 % lauhteenerottimista vuotaa.
- Putkivaurioita aiheuttavat mm. huono tehdassuunnittelu, korroosio ja ulkoiset olosuhteet.

## i) Eristäminen

- Höyryverkoston putkien eristäminen on helppo ja halpa tapa parantaa prosessin energiatehokkuutta sekä laitoksen työskentelyolosuhteita.
- Putkien eristämisestä on tullut yhä tärkeämpää kun sekä prosessilämpötilat sekä energiakustannukset ovat nousseet.
- Eristemateriaaleja ja tapoja on paljon erilaisia. Eristeen valintaan vaikuttavat ainakin seuraavat tekijät:
  - Eristemateriaalin ja sen asennuksen hinta.
  - Eristeen kestävyys ja korjattavuus.
  - Materiaalin paloturvallisuus ja eristävyys.
  - Putken sijainti ja siellä vallitsevat olosuhteet.
- Myös putkistossa olevien laippojen ja komponenttien kuten venttiilien eristäminen on tärkeää.
- Eristeen säännöllinen tarkastaminen ja uusiminen on välttämätöntä.
  - Putket voidaan tutkia kuuntelemalla, lämpötilamittauksilla, testauskammioilla ja ultraäänitutkimuksilla.



Lämpöhäviöt eristämättömän laipan kohdalta. [ERI 2000a]



Tyypillinen putken eristys. [ERI 2000b]

## j) Höyryn käyttö

- Suuria taloudellisia säästöjä saadaan aikaan, kun höyryn loppukäyttäjien höyrynkulutusta pystymään vähentämään.
- Höyryä käyttävien laitteiden höyrynkäytöntehekkyyttä voidaan parantaa kiinnittämällä huomiota seuraaviin asioihin.
  - Laitteiden toimintaa ohjaava automaatio on oltava kunnossa.
  - Laitteiden käynnistykset on tehtävä hitaasti ja hallitusti.
  - Laitteet tulee myös lämpöeristää ja avoimet nestepinnat on suojattava.
  - Vuotavat laitteet ja venttiilit tulee korjata.
  - Prosessin lämpötilatason on oltava mahdollisimman alhainen.

# YHTEENVETO:

- Suunnitteluvaiheessa höyry- ja lauhdejärjestelmän painetaso on valittava mahdollisimman alhaiseksi ja putkisto on mitoittettava sen mukaan.
- Höyry- ja lauhdeputkistossa on vältettävä virtausta häiritseviä tekijöitä kuten jyrkkiä mutkia ja tarpeettomia venttiileitä.
- Lauhteenpoisto on hoidettava tehokkaasti ja lauhteenerottimet tulee huoltaa säännöllisesti.
- Lika ja ilma on poistettava putkistosta.
- Lauhde palautetaan mahdollisuuksien mukaan prosessiin.
- Hönkähöyryt hyödynnetään.
- Putkiston kunto tarkastetaan säännöllisesti ja havaitut vuodot korjataan.
- Putket ja siihen liitetyt komponentit lämpöeristetään.

# Lähteet

- EIPPCB, European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau, 2008. Draft reference document on best available techniques for energy efficiency. [Verkkajulkaisu]. 398 s. Saatavissa: <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/pages/FActivities.htm> [Viitattu 14.11.2008].
- ERI, The Energy Research Institute, University of Cape Town. 2000a. How to save energy and money in steam systems. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 14.11. 2008]. Saatavissa: <http://www.3e.uct.ac.za/download.htm>
- ERI, The Energy Research Institute, University of Cape Town. 2000b. How to save energy and money in insulation. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 25.11.2008]. Saatavissa: <http://www.3e.uct.ac.za/download.htm>.
- Harrel, G. 2002. Steam system survey guide. [Viitattu 31.7.2008] Saatavissa: [http://www1.eere.energy.gov/industry/bestpractices/pdfs/steam\\_survey\\_guide.pdf](http://www1.eere.energy.gov/industry/bestpractices/pdfs/steam_survey_guide.pdf)
- UNEP, United Nations Environment Program, Division of Technology, Industry and Economy. 2004. Cleaner production-Energy efficiency (CP-EE) manual. 295 s. ISBN: 92-807-2444-4. Saatavissa: [http://www.unep.org/publications/search/pub\\_details\\_s.asp?ID=33](http://www.unep.org/publications/search/pub_details_s.asp?ID=33). [Viitattu 14.11.2008].

Lisää tietoa  
[www.motiva.fi](http://www.motiva.fi)