

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

Energiatehokas höyry- ja lauhdejärjestelmä

KOULUTUSMATERIAALI

lämpöpumppu bioenergia energiakatselmus rakentaminen

Höyry- ja lauhdejärjestelmä

- Höyryä käytetään paljon teollisuudessa erilaisten prosessien lämmittämiseen ja muihin tuotannon tarpeisiin.
- Höyryjärjestelmän tehtävä on kuljettaa höyryä prosessin höyryn loppukäyttäjille.
- Höyry- ja lauhdejärjestelmän energiatehokkuutta parantamalla on mahdollista saavuttaa suuria taloudellisia säästöjä.

HÖYRYN HYVÄT OMINAISUUDET

- Myrkytön ja turvallinen käyttää
- Siirtäminen ja kuljettaminen on helppoa
- Korkea lämpökapasiteetti
- Höyryn lämpötilaa on helppo hallita paineen avulla
- Edullinen verrattuna esimerkiksi kuumaöljyjärjestelmiin

Höyry- ja lauhdejärjestelmän energiatehokkuuden parantaminen

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

Suunnittelu

- Putkiston painetaso on valittu käyttökohteen perusteella ja putket on mitoitettu oikein.
- Putkiston häviöt on minimoitu.

Lauhteenkäsittely

- Lauhteenpoisto on riittävää ja se on toteutettu oikein.
- Lian- ja ilmanpoistoon on kiinnitetty huomiota.
- Lauhteenerottimet on valittu ja huollettu oikein.
- Lauhteenpalautus on tehokasta.
- Hönkähöyryt hyödynnetään.

Häviöiden minimointi

- Vuodot on minimoitu.
- Putkisto ja komponentit on eristetty.
- Järjestelmään kytketyt laitteet toimivat oikein ja energiatehokkaasti.

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 paksuseinäisempiä putkia.
 - Höyryn vuotohäviöiden kasvu.
 - Lämpöhäviöiden kasvu.
- Verkosto voidaan jakaa paineenalennusventtiileillä eri painetasoihin.
- Höyryverkoston paine tulee olla mahdollisimman tasainen.
- Kun prosessin tarvitsema painetaso on selvitetty, pitää putkilinjat mitoittaa sen mukaan.
 - Liian pienissä putkissa prosessiin ei saada tarpeeksi höyryä.
 - Liian suuret putket lisäävät lämpöhäviöitä.
 - Lauhdeputkiston oikea mitoitus on yhtä tärkeää kuin höyryputkienkin.

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 liitännöiden vaikutus paineen laskuun on erityisen tärkeä ottaa huomioon suunnitteluvaiheessa.
 - Loivat käännökset ovat parempi ratkaisu kuin jyrkät mutkat.
 - Venttiilin valinnassa tulee kiinnittää huomiota minkälainen vaikutus venttiilillä on virtaukseen ja putkiston paineeseen.
- Olemassa olevasta putkistosta tulisi poistaa tarpeettomat mutkat sekä käyttämättömät venttiilit ja muut laitteet.

Putken koko (mm)	Suora kulma (90°)	Pyöristetty kulma (90°)	Kolmihaara (virtaus 90° sivuhaarasta)	Luistiventtiili (auki)	Istukkaventtiili (auki)
50	1,5	0,6	3	0,7	17
65	2	0,8	4	0,85	22
80	2,4	1	4,8	1	27
100	3	1,2	6	1,3	34
125	3,75	1,5	7,5	1,6	43
150	4,5	1,8	9	2	51
200	6	2,4	12	2,6	68

Putkiston häiriöiden vaikutus virtaukseen suhteutettuna suoran putken aiheuttamaan vastukseen (m).

[ERI 2000a]

Lauhteenpoisto

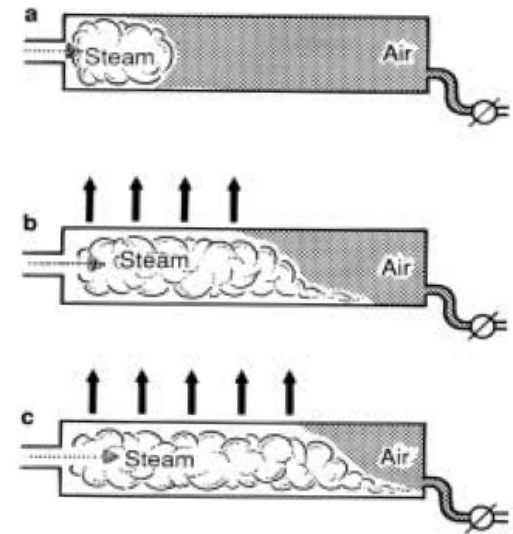
- Tehokas lauhteenpoisto on yksi tärkeimmistä höyryjärjestelmän energiatehokkuuteen vaikuttavista toimenpiteistä.
- Lauhteenpoisto auttaa minimoimaan energiankulutusta ja lisää tuottavuutta.
- Höyrystä lauhtunut vesi tulee poistaa höyryputkesta:
 - Lauhde vähentää tilavuutta, jossa höyry pystyy putkessa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

Lian- ja ilmanpoisto

- Höyryputkista on tärkeää poistaa sinne päässyt ilma sekä muut kondensoitumattomat kaasut.

ILMA EI KUULU HÖYRYPUTKEEN

- Ilma on tehokas eriste. Se aiheuttaa kylmiä kohtia putkistoon ja huonontaa lämmönsiirtoa lämmönsiirtopinnoilla.
 - Ilman sekoittuminen höyryyn alentaa sen tehollista lämpötilaa.
 - Ilma voi tukkia höyryputkia ja estää höyryn virtaamisen.
 - Ilma rasittaa putkistoa ja on yksi syy korroosiovaurioihin.
- Ilman voi 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]

Lauhteenerottimet (1/2)

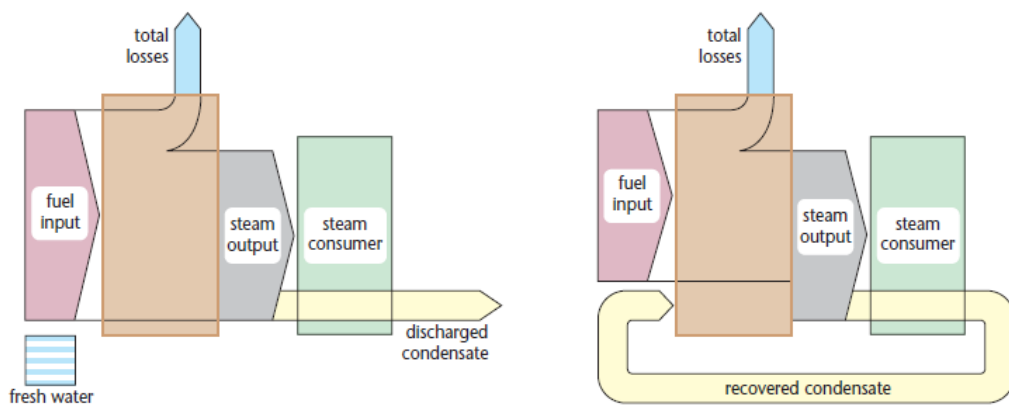
- Lauhteenerottimen kolme tärkeintä tehtävää ovat:
 - 1) Poistaa putkistoon muodostunut lauhde mahdollisimman nopeasti.
 - 2) Estää höyryn karkaaminen.
 - 3) Poistaa ilma ja muut kaasut putkistosta.
- Lauhteenerottimista ei saisi päästä höyryä karkuun.
 - Joidenkin erottimien toiminnan kannalta pienen höyrymäärän karkaaminen on kuitenkin välttämätöntä.
- Lauhteenerottimia on paljon erilaisia ja ne voi jakaa kolmeen ryhmään toimintaperiaatteen mukaan:
 - 1) Mekaaniset lauhdeenerottimet
 - 2) Termodynaamiset lauhdeenerottimet
 - 3) Termostaattiset lauhdeenerottimet

Lauhteenerottimet (2/2)

- Valitse oikean tyyppinen lauhteenerotin – kiinnitä huomiota seuraaviin asioihin:
 - Maksimi- ja minimipaine
 - Paineenvaihtelu
 - Prosessin lämpötila
 - Lauhteen määrä
 - Putken koko
 - Liitântätapa
 - Laitoksen käynnistyksen yhteydessä syntyvän lauhteen määrä ja poistaminen
- Lauhteenerottimissa tyypillisesti esiintyviä vikoja ovat:
 - Tukkeutuminen
 - Höyryn vuoto
 - Lauhteen puutteellinen erottuminen
 - Väärä mitoitus ja käyttö
- Lauhteenerottimien kunnossapito on tärkeää niiden energiatehokkaan toiminnan kannalta.
- Lauhteenerottimen kunto voidaan tarkastaa visuaalisesti, akustisesti, termisesti tai valvontalaitteistolla.

Lauhteenpalautus

- Höyry lauhtuu vedeksi luovuttaen lauhtumisenergiansa → lauhteen lämpösisältö on edelleen suuri.
- Lauhdejärjestelmä jää usein tehtailla vähemmälle huomiolle kuin höyryjärjestelmä.
 - Lauhteiden kierrätyksen tärkeyttä ei ymmärretä ja lauhdejärjestelmään ei haluta investoida → lauhteet johdetaan usein viemäriin.
 - Lauhteenpalautusputken mitoitus on vaikea arvioida → ne mitoitetaan usein riittämättömiksi.
 - Pelkona on vuotojen aiheuttama likaantuminen → lauhteen palautusta vältetään.
→ Vuodot on mahdollista välttää säännöllisillä tarkastuksilla.



Lauhteenpalautuksella voi säästää polttoainekustannuksissa.
[UNEP 2004]

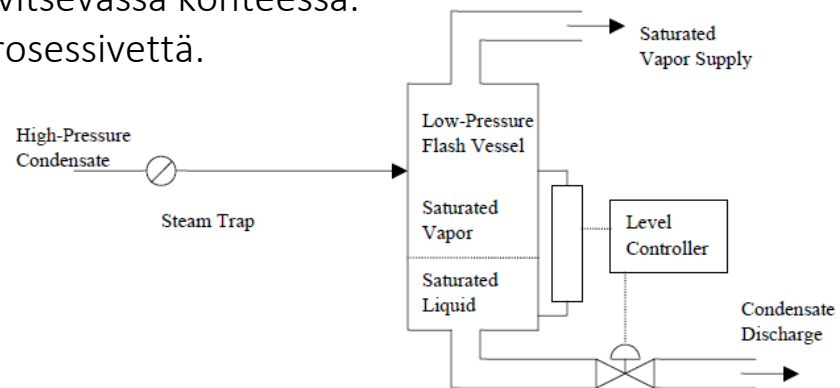
Lauhteenpalautuksen etuja:

- Polttoaineen säästö
- Prosessin tehostuminen
- Lisäveden tarpeen ja sen puhdistustarpeen väheneminen
- Jäteveden käsittelytarpeen vähentyminen

Hönlkähöyry

- Hönlkähöyryä muodostuu, kun korkeapaineista lähellä kylläistä pistettä olevaa lauhdetta johdetaan matalampaan paineeseen.
 - Hönlkähöyryn määrä riippuu mm. paine-erosta. Tyypillisesti sitä muodostuu noin 10 % lauhteen määrästä.
- Hönlkähöyryn hyödyntäminen on tärkeä osa höyryjärjestelmän energiatehokkuutta.
 - Hyödyntämätön hönlkähöyry voi aiheuttaa ongelmia lauhdeverkostossa, jos esimerkiksi lauhdeputket ovat liian pienet.
- Hönlkähöyryn kerääminen ja käyttö
 - vähentää höyrynkulutusta
 - lisää lauhdevesiverkoston kapasiteettia.
- Hönlkähöyryllä voi
 - esilämmittää palamisilmaa, prosessi-ilmaa tai tehdashallia
 - käyttää suoraan matalapainehöyryä tarvitsevassa kohteessa.
 - lämmittää lauhdetta tai esilämmittää prosessivettä.

*Tyypillinen hönlkähöyryn
talteenottolaitteisto.
[Harrel 2002]*



Vuodot (1/2)

- Höyry on kallis käyttöhyödyke ja sen vuodot aiheuttavat turhia kustannuksia.
- 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 vuotokohdan koko ja putkiston paine.

Vuotoaukon halkaisija	Höyryvuoto					
	3,5 bar(g)			7,0 bar(g)		
mm	kg/h	tonnia/a	euroa/a	kg/h	tonnia/a	euroa/a
1,5	3	28	630	6	49	1 100
3,0	13	110	2 500	22	194	4 500
4,5	28	248	5 700	50	438	10 000
6,0	50	441	10 000	89	778	18 000

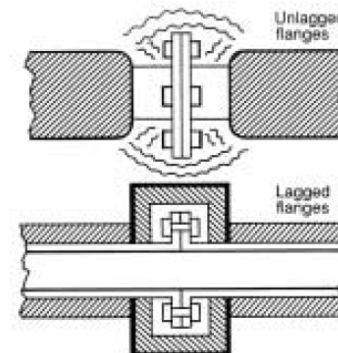
Vuotoaukon koon ja putkiston paineen vaikutus vuotuisiin häviöihin. Kustannukset laskettu höyryhinnoilla 30 €/MWh [Motiva 2015]

Vuodot (2/2)

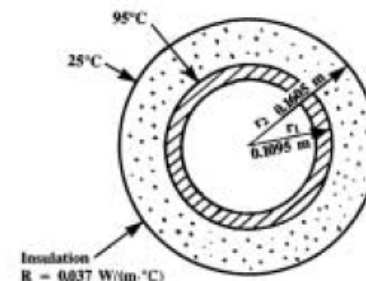
- Vuotojen ehkäisemiseksi:
 - Säännölliset vuototarkastukset.
 - Höyrynsyöttö on suljettava, kun laite ei ole käytössä.
 - Varoventtiilit on johdettava omina putkinaan ulos, jolloin vuodot on helpompi havaita.
- Tyypillisiä vuotokohtia ovat:
 - Lauhteenerottimet
 - Vaurioituneet putket
 - Laippaliitokset
 - Varo- ja sulkuventtiilit
- Lauhteenerottimet ovat tyypillisimpiä vuotokohtia höyry- ja lauhdeverkostossa.
 - Lauhteenpoistimien vuodot aiheuttavat vastapaineen kasvua, kun lauhdepuolen lämpötila kasvaa vuotohöyryn takia, sekä höyrykulutuksen 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.

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 ympäröivät olosuhteet.
- Myös putkistossa olevien laippojen ja komponenttien, kuten venttiilien, eristäminen on tärkeää.
- Eristeen säännöllinen tarkastaminen ja uusiminen on välttämätöntä.
 - Putket voi tutkia kuuntelemalla, lämpötilamittauksilla, testauskammioilla ja ultraäänitutkimuksilla.



Lämpöhäviöt eristämättömän laipan kohdalta. [ERI 2000a]



Tyypillinen putken eristys. [ERI 2000b]

Höyryn käyttö

- Suuria taloudellisia säästöjä saadaan aikaan, kun höyryn loppukäyttäjien höyrynkulutusta pystymään vähentämään.
- Höyryä käyttävien laitteiden tehokkuutta voi parantaa kiinnittämällä huomiota seuraaviin asioihin.
 - Laitteiden toimintaa ohjaavan automaation 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

- Valitse suunnitteluvaiheessa höyry- ja lauhdejärjestelmän painetaso mahdollisimman alhaiseksi ja mitoita putkisto sen mukaan.
- Vältä höyry- ja lauhdeputkistossa virtausta häiritseviä tekijöitä, kuten jyrkkiä mutkia ja tarpeettomia venttiileitä.
- Poista lauhde on tehokkaasti.
- Huolla lauhteenerottimet säännöllisesti.
- Poista lika ja ilma putkistosta.
- Palauta lauhde mahdollisuuksien mukaan kattilalaitokselle tai prosessiin.
- Hyödynnä hönkähöyryt.
- Tarkista putkiston kunto säännöllisesti ja korjaa havaitut vuodot.
- Lämpöeristä putket ja niihin liitetyt komponentit.

Lisää tietoa
www.motiva.fi