

MASSPAP OY · HEATFLOW PRO

Likainen lämmönvaihdin voi maksaa enemmän kuin arvaat

Tekninen opas lämmönvaihtimien likaantumisen tunnistamiseen, pesutarpeen arviointiin ja oikea-aikaiseen CIP-pesuun

Kenelle tämä opas on tarkoitettu?

Teollisuuden kunnossapitohenkilöstö ja energiavastuulliset
Tuotannosta vastaavat henkilöt ja tekniset ostajat
Tehdaspalveluista vastaavat tiimit

Tavoitteena on auttaa tunnistamaan, milloin lämmönvaihdin ei enää toimi sillä tasolla, jolla sen pitäisi toimia, ja antaa käytännön malli likaantumisen energiavaikutuksen arviointiin.

SISÄLLYS

1. Lämmönvaihdin voi olla käynnissä, vaikka se ei ole kunnossa
 2. Miksi lämmönvaihtimen likaantuminen jää usein huomaamatta
 3. Mitä likaantuminen tekee lämmönsiirrolle
 4. Tyypilliset merkit pesutarpeesta
 5. Mitä tietoja kannattaa seurata
 6. Miten likaantumisen kustannusta voi arvioida
 7. Esimerkkilaskelma – mitä menetetty lämpö voi maksaa
 8. Kaikki häviö ei ole suoraan energiaa
 9. Milloin CIP-pesu on järkevä vaihtoehto
 10. Pesukemian merkitys
 11. Turvallisemmat käyttövalmiit pesuaineet
 12. HeatFlow Pro käytännön työkaluna
 13. Milloin oma pesuysikkö voi olla järkevä investointi
 14. Tarkistuslista – kannattaako pesutarve selvittää
 15. Käytännön toimintamalli
 16. Seuraavat askeleet
- Liite: Lyhyt laskentapohja
Liite: Ennen–jälkeen -mittauspohja

1 LÄMMÖNVAIHDIN VOI OLLA KÄYNNISSÄ, VAIKKA SE EI OLE KUNNOSSA

Teollisuudessa lämmönvaihtimia arvioidaan usein liian pitkään vain sen perusteella, pysyykö prosessi käynnissä. Jos tuotanto ei pysähdy, laite voidaan helposti tulkita toimivaksi. Todellisuudessa lämmönvaihdin voi olla teknisesti käytössä, mutta energiatehokkuuden, lämmöntalteenoton tai prosessin hallinnan näkökulmasta jo selvästi heikentynyt.

Likaantuminen kasvattaa lämmönsiirron vastusta. Kun lämpö ei siirry yhtä tehokkaasti kuin ennen, sama lopputulos täytyy saavuttaa jollain muulla tavalla: lisäämällä energiaa, nostamalla lämpötiloja, kasvattamalla virtaamaa, ajamalla pidempiä jaksoja tai hyväksymällä heikompi prosessitulokset.

Tästä syntyy kustannus, joka ei välttämättä näy yhtenä selkeänä rivinä kunnossapidon raportissa. Se näkyy hajautuneena energiankulutuksessa, tuotannon säädössä, kapasiteetissa, pumppauksessa, jäädytyksessä ja joskus myös lopputuotteen laadussa.

Väärä kysymys

- Onko lämmönvaihdin tukossa?

Oikea kysymys

- Toimiiko lämmönvaihdin vielä sillä tasolla, jolla sen pitäisi toimia?

2 MIKSI LIKAANTUMINEN JÄÄ USEIN HUOMAAMATTA

Lämmönvaihtimen likaantuminen on monessa prosessissa hiipivä ongelma. Se ei välttämättä aiheuta äkillistä pysähdystä, vaan suorituskyky heikkenee vähitellen. Prosessi voi jatkua pitkään niin, että operaattorit ja kunnossapito kompensoivat tilannetta muilla keinoilla.

Tyypilliset kompensointikeinot – likaantumisen "piilottajat"

- Lisätään energiaa tai nostetaan lämpötilaa
- Ajetaan pidempään – siirrytään seuraavaan seisokkiin
- Säädetään venttiilejä ja pidetään pumppuja kovemmalla
- Hyväksytään suurempi lämpötilaero tai heikompi prosessitulokset

Ongelma korostuu erityisesti kohteissa, joissa lämmönvaihdin on osa merkittävää energiavirtaa. Mitä suurempi lämpöteho ja mitä pidempi vuosittainen käyttöaika, sitä nopeammin pienikin suorituskyvyn heikkeneminen muuttuu rahaksi.


3 MITÄ LIKAANTUMINEN TEKEE LÄMMÖNSIIRROLLE

Lämmönvaihtimen tehtävä on siirtää lämpöä kahden ainevirran välillä erotuspinnan läpi. Kun pinnalle muodostuu kerrostumia, kuten kuitua, rasvaa, mineraaleja, biofilmiä, kalkkia tai prosessijäämiä, lika toimii eristeenä juuri siellä, missä lämmön pitäisi siirtyä.

Ilmiö	Käytännön vaikutus
Kylmä puoli ei lämpene riittävästi	Sama prosessilämpötila vaatii enemmän energiaa
Lämmin puoli ei jäähdy tehokkaasti	Lämmöntalteenotto heikkenee
Painehäviö kasvaa	Pumppausenergian tarve lisääntyy
Virtaus heikkenee tai jakautuu epätasaisesti	Prosessin hallittavuus vaikeutuu
Lämmönsiirto heikentyy ennen tukkeutumista	Pelkkä virtauksen seuraaminen ei riitä

4 TYYPILLISET MERKIT PESUTARPEESTA

Lämmönvaihdin kannattaa ottaa tarkempaan tarkasteluun, jos yksi tai useampi seuraavista toteutuu:

 Energiankulutus kasvaa ilman selvää syytä	Sama prosessilämpötila vaatii enemmän höyryä, sähköä tai kaukolämpöä kuin aiemmin, vaikka tuotantomäärä tai kuorma ei ole muuttunut.
 Lämpötilat eivät asetu kuten ennen	Kylmä puoli ei enää lämpene samalla tavalla. Lämmin puoli ei jäähdy. Lämpötilaero käyttäytyy poikkeavasti.
 Painehäviö kasvaa	Viittaa usein virtauskanavien ahtautumiseen. Lisää pumppausenergian tarvetta.
 Pesuväli perustuu kalenteriin eikä kuntoon	Kalenteripohjainen pesurutiini voi olla liian myöhässä tai tarpeettoman aikaisin, riippuen todellisesta likaantumisesta.
 Prosessin säätö muuttuu levottomaksi	Säätöventtiilit käyvät eri asennoissa, lämpötilavaihtelu kasvaa, tuotanto joutuu kompensoimaan.
 Tuotantokapasiteetti rajoittuu lämpötilan takia	Lämmönvaihdin voi muodostua pullonkaulaksi. Kustannus ei ole vain energiaa, se voi olla myös menetettyä kapasiteettia.

5 MITÄ TIETOJA KANNATTAA SEURATA

Pesutarpeen arviointiin ei aina tarvita monimutkaista analyysiä. Usein jo muutama perusmittaus antaa riittävän kuvan siitä, onko lämmönvaihtimen suorituskyky muuttunut.

Prosessimittaukset	Energiatiedot ja taustatiedot
<ul style="list-style-type: none"> Lämmin puoli sisään ja ulos (°C) Kylmä puoli sisään ja ulos (°C) Virtaamat molemmilla puolilla Paine ennen ja jälkeen Painehäviö 	<ul style="list-style-type: none"> Energiankulutus ja energiahinta Käyttöaika vuodessa Edellinen pesuajankohta Tuotantomäärä tai kuormitus Vertailuarvo puhtaasta tilanteesta

Tärkeintä ei ole yksittäinen mittaus, vaan vertailukelpoinen trendi. Ennen–jälkeen -mittaus pesun yhteydessä muuttaa arvauksen todisteeksi.

6 MITEN LIKAANTUMISEN KUSTANNUSTA VOI ARVIOIDA

Lämmönvaihtimen likaantumisen kustannus syntyy siitä, että heikentynyt lämmönsiirto täytyy kompensoida jollain tavalla. Peruslogiikka on yksinkertainen:

$$\begin{aligned} \text{Menetetty teho (kW)} \times \text{Käyttöaika (h/v)} &= \text{Menetetty energia (kWh/v)} \\ \text{Menetetty energia (kWh/v)} \times \text{Energian hinta (€/kWh)} &= \text{Kustannus (€/v)} \end{aligned}$$

Tämä laskenta ei korvaa tarkempaa prosessianalyysiä, mutta se auttaa nopeasti ymmärtämään minkä kokoluokan asiasta on kyse. Usein jo karkea arvio riittää päätöksenteon ensimmäiseen vaiheeseen.

7 ESIMERKKILASKELMA – MITÄ MENETETTY LÄMPÖ VOI MAKSAA

Lähtötieto	Arvo
Arvioitu menetetty lämmönsiirtoteho	150 kW
Käyttöaika	6 000 h/vuosi
Energian hinta	0,08 €/kWh
Menetetty energia	900 000 kWh/vuosi
Laskennallinen kustannus	72 000 €/vuosi

Luku ei ole valmis säästöväite. Se on esimerkki siitä, miksi lämmönvaihtimien suorituskykyä kannattaa tarkastella ennen kuin häviö kasvaa merkittäväksi.

8 KAIKKI HÄVIÖ EI OLE SUORAAN ENERGIAA

Laskenta kannattaa tehdä rehellisesti. Kaikki lämmönsiirron heikkeneminen ei automaattisesti muutu suoraksi ostetun energian lisäykseksi. Arvioi kolme kysymystä:

KOLME KYSYMYSTÄ ENNEN PESUPÄÄTÖSTÄ

- Korvataanko menetetty lämpö ostetulla energialla? → Jos kyllä, vaikutus voidaan usein laskea suoraan.
- Rajoittaako heikentynyt lämmönsiirto tuotantoa? → Jos kyllä, kustannus voi olla suurempi kuin pelkkä energia.
- Lisääkö likaantuminen muuta kunnossapitoa tai riskiä? → Jos kyllä, myös pesemättä jättämisen riski kannattaa huomioida.

9 MILLOIN CIP-PESU ON JÄRKEVÄ VAIHTOEHTO

CIP-pesu (Cleaning-in-Place) tarkoittaa paikallaan tehtävää kiertopesua ilman täydellistä purkamista. Se voi olla järkevä vaihtoehto erityisesti silloin, kun:

- lämmönvaihtimen avaaminen on työlästä tai hidasta
- seisokkiaika halutaan pitää mahdollisimman lyhyenä
- likaantuminen on toistuvaa
- laitoksella halutaan tehdä pesuja omalla kunnossapitohenkilöstöllä
- pesun vaikutusta halutaan seurata mittaamalla ennen ja jälkeen

CIP-pesu ei ole automaattisesti oikea ratkaisu kaikkeen. Ensin pitää ymmärtää, mitä lika on, millaisista materiaaleista laite on valmistettu, mitä kemikaaleja voidaan turvallisesti käyttää ja miten pesu voidaan toteuttaa hallitusti.

10 PESUKEMIAN MERKITYS

Lämmönvaihtimen pesussa pesuaineen valinta ratkaisee paljon. Kyse ei ole vain siitä, saadaanko lika irtoamaan. Kyse on myös siitä, kuinka turvallisesti, toistettavasti ja materiaalien kannalta hallitusti pesu voidaan tehdä.

Likatyyppi	Sopiva kemikaali	Esimerkki toimialoista
Kalkki ja mineraaliosaostumat	Hapan pesuaine (ACS 400)	Energia, kaukolämpö, kaivokset, tehtaat
Rasva, öljy, orgaaninen lika	Emäksinen pesuaine (CCS 100)	Elintarvike, metalliteollisuus, puutuote
Biofilmi ja biologinen lika	Hapan pesuaine (ACS 400)	Jäähdytysvesijärjestelmät
Sekalikaantuminen	Emäksinen ensin, sitten hapan	Useimmat raskaan teollisuuden kohteet

11 TURVALLISEMMAT KÄYTTÖVALMIIT PESUAINET

HeatFlow Pro -järjestelmän yhteydessä käytettävät pesuaineet ovat käyttövalmiita. Käyttövalmis pesuaine vähentää tarvetta käsitellä väkeviä happoja tai emäksiä työmaalla ja pienentää virheellisen laimennuksen, väärän annostelun ja hallitsemattoman sekoittamisen riskiä.

Metaanisulfonihappopohjainen ACS – hapan pesu

MSA (metaanisulfonihappo) on vahva orgaaninen happo, jota käytetään teollisuudessa happamissa puhdistus- ja kalkinpoistosovelluksissa. Sen etuja ovat matala haihtuvuus, vähäinen haju, hyvä vesiliukoisuus ja vahva happamuus ilman tarpeettoman voimakasta höyryämistä.

Käyttövalmiiden pesuaineiden käytännön hyödyt

Vähemmän väkevien kemikaalien käsittelyä työmaalla
Pienempi laimennus- ja annosteluvirheiden riski

Parempi pesun toistettavuus ja dokumentoitavuus
Hallitumpi HSE-kokonaisuus
Oikea kemia oikeaan likaan – ei yhtä kemikaalia kaikkeen

12 HEATFLOW PRO KÄYTÄNNÖN TYÖKALUNA

HeatFlow Pro on liikuteltava CIP-pesuyksikkö lämmönvaihtimien ja vastaavien prosessilaitteiden kiertopesuun. Sen tarkoitus on tehdä pesusta käytännöllistä silloin, kun lämmönvaihtimien suorituskykyä halutaan ylläpitää säännöllisesti.

Tekniset ominaisuudet

Ominaisuus	Kuvaus
Pesusäiliö	n. 480 litran PE-säiliö kemikaaleille soveltuvana
Liikuteltavuus	Suunniteltu teollisuusympäristöön
Lämmitys	Termostaattiohjattu, n. 50 °C asti
Pumppu	Kaksoiskalvopumppu pesuliuoksen kierrätykseen
Turvallisuus	Kuivakäyntisuojaus, valuma-allas
Kiertosuunta	Voidaan vaihtaa letkukytkentöjä muuttamalla

Pesu osana suorituskyvyn hallintaa

1. Mitataan tilanne ennen pesua
2. Valitaan oikea pesukemia lian ja materiaalien mukaan
3. Kierrätetään pesuliuos hallitusti
4. Seurataan pesun vaikutusta mittaamalla
5. Päätetään seuraava pesuväli datan perusteella

13 MILLOIN OMA PESUYKSIKKÖ VOI OLLA JÄRKEVÄ INVESTOINTI

Jos laitoksella on useita kriittisiä lämmönvaihtimia, pesutarve toistuu säännöllisesti tai likaantumisen energiavaikutus on merkittävä, oma pesuyksikkö voi muuttaa kunnossapidon logiikkaa.

Mahdolliset hyödyt omasta CIP-pesumallista

Pesu voidaan tehdä oikea-aikaisemmin – ei odoteta ulkopuolisen kalenteria
Pesun kustannus per kohde voi laskea käytön lisääntyessä
Laitokselle kertyy omaa kokemusta eri vaihtimien likaantumisesta
Energiahäviöitä voidaan vähentää ennen kuin ne kasvavat suuriksi
Kunnossapito saa konkreettisen työkalun ennakoivaan tekemiseen

Parempi kysymys kuin "kannattaako investoida?" on: kuinka paljon likaantuminen maksaa, jos pesua ei tehdä oikeaan aikaan?

14 TARKISTUSLISTA – KANNATTAAKO PESUTARVE SELVITTÄÄ

Käy lista läpi. Jos vastaat useaan kohtaan kyllä, pesutarpeen ja energiavaikutuksen arviointi on perusteltua.

PROSESSI JA ENERGIA

- Lämmönvaihdin on osa merkittävää energiavirtaa
- Prosessi käy suuren osan vuodesta
- Energian hinta on merkittävä kustannustekijä
- Lämmönvaihtimen tehtävänä on lämmöntalteenotto, esilämmitys tai jäähdytys

HAVAITTAVAT OIREET

- Lämpötilaero on muuttunut aiempaan verrattuna
- Painehäviö on kasvanut
- Prosessin säätö on muuttunut vaikeammaksi tai levottomammaksi
- Pesun jälkeen on aiemmin havaittu selvä parannus

KUNNOSSAPITO JA RESURSSIT

- Pesuväli perustuu kalenteriin eikä mittauksiin
- Pesuja siirretään helposti seuraavaan seisokkiin
- Laitoksella on useita saman tyyppisiä pesukohteita
- Omalla henkilöstöllä olisi mahdollisuus tehdä pesuja oikealla välineistöllä

15 KÄYTÄNNÖN TOIMINTAMALLI

1	Valitse kriittinen lämmönvaihdin	Aloita kohteesta, jossa energiavirta, käyttöaika tai prosessivaikutus on merkittävien.
2	Kerää vertailutiedot	Mittaa lämpötilat, virtaamat, painehäviöt ja kuormitus mahdollisimman vakioidussa tilanteessa.
3	Arvioi häviön suuruusluokka	Laske karkea vaikutus energiankulutukseen. Tarvitaanko tarkempi analyysi?
4	Suunnittele pesu	Valitse pesumenetelmä ja pesukemia lian, materiaalien ja prosessin mukaan.

- | | | |
|----------|---|--|
| 5 | Mittaa pesun vaikutus | Tee samat mittaukset pesun jälkeen. Näin pesun hyöty ei jää pelkäksi tuntumaksi. |
| 6 | Päätä pesuväli datan perusteella | Tavoitteena ei ole pestä mahdollisimman usein, vaan ennen kuin likaantumisen kustannus ylittää pesun kustannuksen. |

16 SEURAAVAT ASKELEET

Lämmönvaihtimen pesutarvetta ei kannata arvioida pelkän tunteen, kalenterin tai yksittäisen oireen perusteella. Parempi tapa on yhdistää kolme asiaa:

- **Tekniset mittaukset**
- **Energiavaikutuksen arviointi**
- **Oikea pesumenetelmä ja pesukemia**

Masspap voi auttaa arvioimaan:

Mitkä lämmönvaihtimet ovat energiatalouden kannalta kriittisimpiä
Mitä mittaustietoja tarvitaan pesutarpeen arviointiin
Soveltuuko CIP-pesu kohteeseen
Millainen pesukemia voisi olla tarkoituksenmukainen
Olisiko HeatFlow Pro järkevä ratkaisu omaksi pesuyksiköksi

Haluatko arvioida oman kohteesi tilanteen?

Lähetä meille yhden lämmönvaihtimen perustiedot tai varaa lyhyt kartoitus. Aleksis Hämäläinen ottaa yhteyttä.

040 529 8483 · aleksi.hamalainen@masspap.fi · www.masspap.fi

LIITE A – LYHYT LASKENTAPOHJA

Täytä arvot ja laske laskennallinen kustannus. Luvut ovat suuntaa-antavia.

Parametri	Arvo	Yksikkö
Arvioitu menetetty teho	_____	kW
Käyttöaika vuodessa	_____	h/vuosi
Energian hinta	_____	€/kWh
Menetetty energia (teho × käyttöaika)	_____	kWh/vuosi
Laskennallinen kustannus (energia × hinta)	_____	€/vuosi

Huomio: laskenta on suuntaa-antava. Todellinen vaikutus riippuu prosessista, energiavirroista, käyttöajasta, korvaavasta energiasta ja siitä, miten likaantuminen vaikuttaa tuotantoon.

LIITE B – ENNEN–JÄLKEEN -MITTAUSPOHJA

Täytä samat kentät ennen pesua ja pesun jälkeen. Vertailu osoittaa pesun vaikutuksen.

ENNEN PESUA

Päivämäärä	_____
Tuotantotilanne / kuormitus	_____
Lämmin puoli sisään (°C)	_____
Lämmin puoli ulos (°C)	_____
Kylmä puoli sisään (°C)	_____
Kylmä puoli ulos (°C)	_____
Virtaama lämmin puoli	_____
Virtaama kylmä puoli	_____
Paine ennen	_____
Paine jälkeen	_____
Painehäviö	_____
Huomiot	_____

PESUN JÄLKEEN

Päivämäärä	_____
Tuotantotilanne / kuormitus	_____
Lämmin puoli sisään (°C)	_____
Lämmin puoli ulos (°C)	_____
Kylmä puoli sisään (°C)	_____
Kylmä puoli ulos (°C)	_____
Virtaama lämmin puoli	_____
Virtaama kylmä puoli	_____
Paine ennen	_____
Paine jälkeen	_____
Painehäviö	_____
Huomiot	_____

HAVAITTU MUUTOS

Arvo

Lämpötilamuutos	_____
Painehäviön muutos	_____
Virtaaman muutos	_____
Energiavaikutuksen arvio	_____
Suositteltu seuraava tarkastus / pesu	_____