

TAPANI RANTAPIRKOLA

DI Oulun Yliopisto Prosessitekniikka 1973

Ammattikokemus:

Teknillinen opetus

Lehtori Lapin AMK 2000 – 2015

Lehtori Kokkolan Teknillinen oppilaitos 1978 – 1980

Terästeollisuus

Saudi Iron and Steel Co Saudi-Arabia 1997 – 2000

Vöest –Alpine Itävalta (toimipaikka Intiassa) 1994 – 1997

Libyan Iron and Steel Co Libya 1993- 1994

Rautaruukki Oy Raahe 1980 – 1993

Ovako Oy Imatra 1974 – 1978

KASVISKUIVURIN KEHITYS (OAMK 12.12.16)

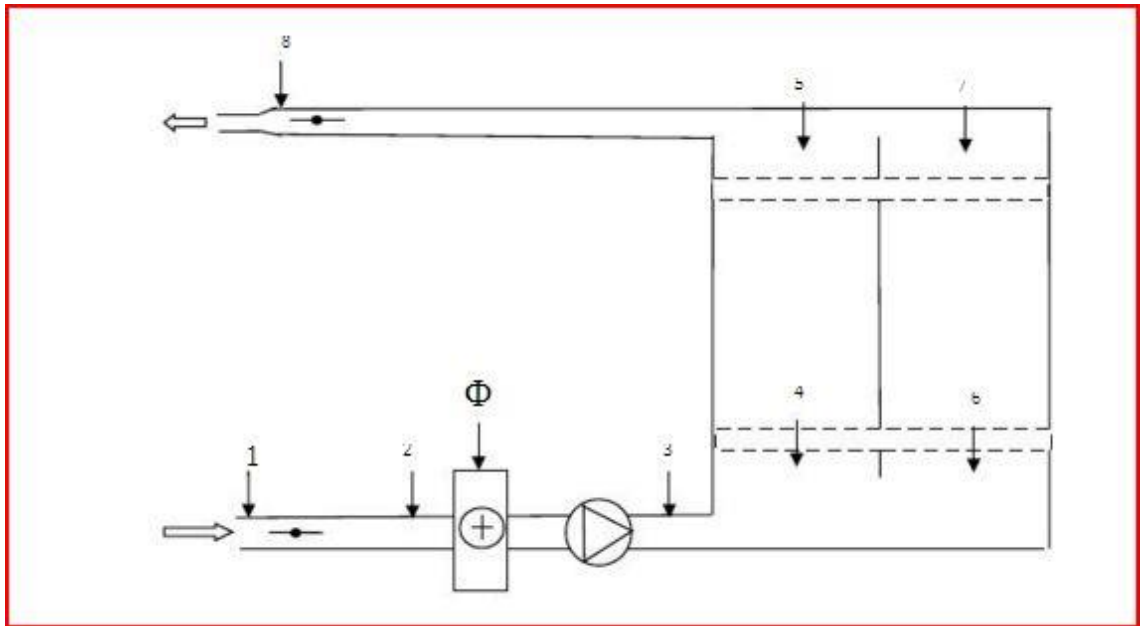
Lähdetään etsimään vastauksia seuraaviin kysymyksiin:

1. Miten kuivumisen etenemistä ja kuivausnopeutta voidaan seurata?
2. Miten voidaan määrittää se ajankohta, jolloin haluttu loppukosteus on saavutettu?
3. Mikä on kuivausprosessin lämmitystehon tarve ja energiankulutus?
4. Millä keinoilla energiankulutukseen voidaan vaikuttaa?
5. Entä muuta?

Tarkastellaan kahta kuivurityyppiä:

- Tasokuivuri kuivausilman yksinkertaisella läpivirtauksella
- Tasokuivuri kuivausilman osittaisella kierrätyksellä

Tasokuivuri kuivausilman yksinkertaisella läpivirtauksella



Kuivurin kokoonpano

- kuivausilman imuputki, jossa säätöventtiili, puhallin ja lämmityselementti (tässä järjestyksessä)
- kuivauskammio, jossa seulapohjaiset kuivaustasot
- kuivausilman poistoputki

Jotta esitettyihin kysymyksiin löydettäisiin vastaukset, tarvitaan mittaustietoa prosessista.

MITÄ PROSESSISUUREITA MITATAAN eli miten kuivuri varustetaan mittausantureilla?

1. Lämpötila- anturi kuivausilman imuputkeen lämmityselementin jälkeen
2. Kuivausilman virtausmäärän anturi imuputkeen puhaltimen ja lämmityselementin väliin
3. Lämpötila-anturi poistoputkeen
4. Ympäröivän ilman lämpötila ja kosteus (imuilma)

MITEN NÄIDEN MITTA - ANTUREIDEN ANTAMISTA MITTAUSTULOKSISTA SAADAAN VASTAUKSET ESITETTYIHIN KYSYMYKSIIN ?

Tiedetään siis kuivuriin menevä ilmamäärä, imuilman lämpötila ja suhteellinen kosteus, kuivausilman lämpötila ja kuivurista poistuvan ilman lämpötila .

Pitää ensin tutustua kuivauksen työaineeseen eli ILMAAN, sen ominaisuuksiin ja ominaisuuksien kuvaamistapaan

ILMA

Kaasuseos pääkomponentteina

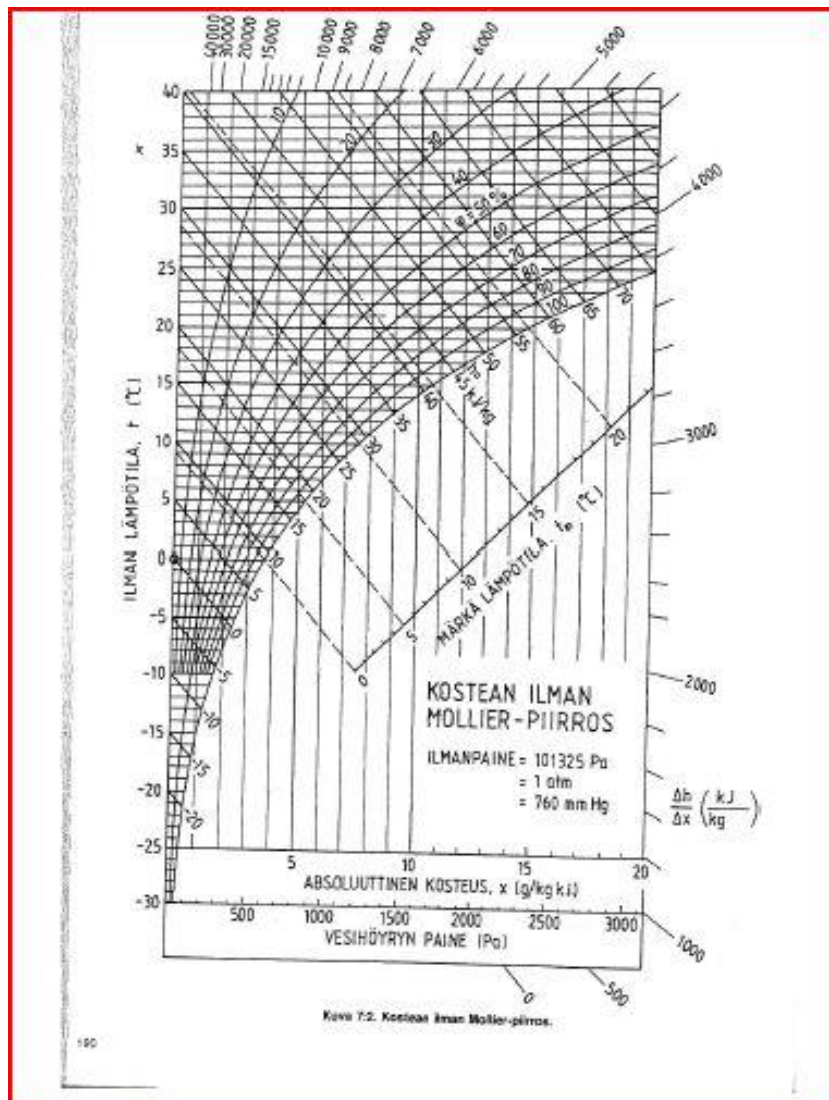
- Typpi (N₂) 79 %
- Happi (O₂) 21 %
- Vesihöyry (=ilman kosteus)
- Hiilidioksidi (pieni määrä)

Tiheys (tilavuuspaino) 1,29 kg/m³ NTP-tilassa

Edellä esitettyjen mittaustulosten tulkintaan tarvitaan ILMAN MOLLIER-DIAGRAMMIA

Mollier - piirros on diagrammi, jonka vaaka-akselina on ilman kosteus absoluuttisena kosteutena (g/kg), ja pystyakselina ilman lämpötila (C). Parametreinä on ilman suhteellinen kosteus (%) ja ilman enthalpia eli energiasäilytys (kJ/kg).

MOLLIER diagrammi



ESIMERKKI KUIVAUSPROSESSIN SEURAAMISESTA MITTAUSTULOSTEN JA MOLLIER-DIAGRAMMIN AVULLA

LÄHTÖTILANNE: Kuivattava kasvimassa 10 kg, kosteus 80 % . Imuilma 15 C, suhteellinen kosteus 20 %

TAVOITETILANNE: Kasvimassan kosteus 20 %

>> kuiva-ainemäärä	2 kg
kokonaisvesimäärä	8 kg
jäännösvesimäärä	0,5 kg
Poistettava vesimäärä	7,5 kg

MITTAUSTULOKSET: Imuilman virtausmäärä 50 l/s

>> $0,05 \text{ m}^3/\text{s} = 1,29 \text{ kg}/\text{m}^3 \times 0,05 \text{ m}^3/\text{s} = 0,0645 \text{ kg}/\text{s}$

Kuivausilman lämpötila (läm.elementin jälkeen) 40 C

Poistoilman lämpötila 20 C

MOLLIERIN KUVASTA:

Imuilman (15C) absoluuttinen kosteus	2 g/kg
Lämmitetyn ilman (40C) abs. kosteus	2 g/kg
Poistoilman (20C) absoluuttinen kosteus	10 g/kg
>> Kuivausilmaan siirtynyt vesimäärä	8 g/kg

Huomioimalla mitattu kuivausilma virtaus saadaan kuivausnopeus: $0,0645 \text{ kg/s} \times 8 \text{ g/kg} = 0,516 \text{ g/s}$

Vettä siis poistuu näiden mittausarvojen vallitessa $0,516 \text{ g}$ sekunnissa, mikä vastaa 1858 g/h (tunnissa)

Kuivauksen kulku taulukkona

Aika, h	poistunut vesi,kg	kasvimassa kosteus, %
1	1858	75
2	3716	68
3	5574	55
4	7432	22

Tavoitekosteus siis saavutetaan 4 tunnin kuivausajalla, jos kuivausnopeus pysyy samana koko ajan (= poisto - lämpötila ei muutu) . Jos muuttuu, niin se kertoo että ”irtovesi” on poistunut ja kuivaus jatkuu solu- ja kapillaariveden poistumisena. Kun poistoilman lämpötila on sama kuin sisäänmeno ilman lämpötila, kuivumista ei enää tapahdu.

LÄMMITYSTEHO TARPEEN JA ENERGIANKULUTUKSEN MÄÄRITTÄMINEN (edelleen arvot Mollierista)

Kuivausilman (40C) enthalpia (lämpösisältö)	45 kJ/kg
Imuilman (15C) enthalpia	20 kJ/kg
Lämpöä siirrettävä lämmityselementillä	25 kJ/kg

Huomioidaan mitattu ilmavirtaus

$$0,0645 \text{ kg/s} \times 25 \text{ kJ/S} = 1,6 \text{ kJ/s}$$
$$= 1,6 \text{ kW}$$

>> valitaan elementin mitoitus tehoksi 2 kW

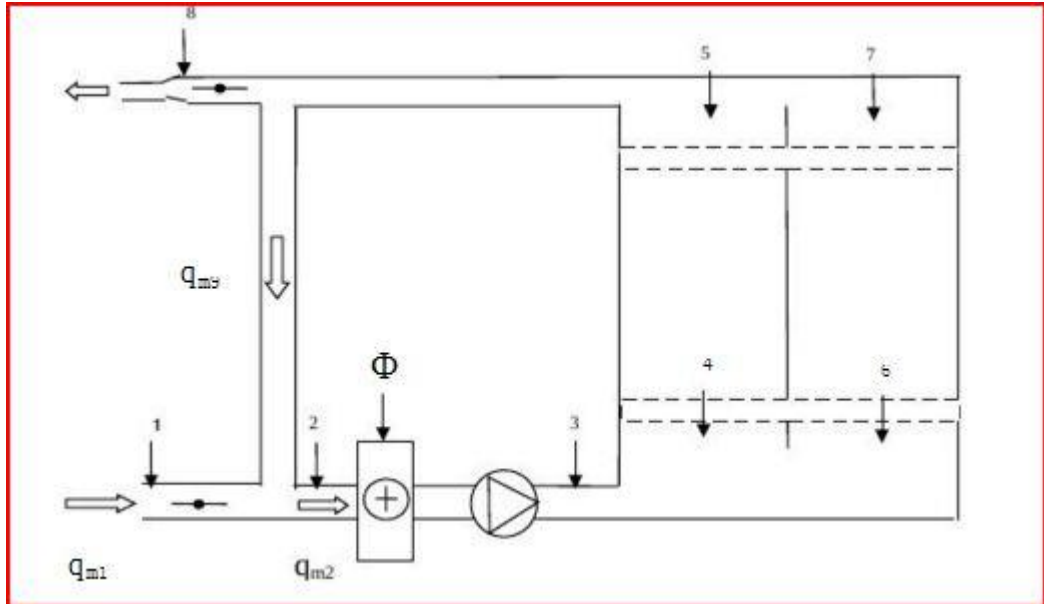
$$\text{Lämmitysenergian tarve } 1,6 \text{ kW} \times 4 \text{ h} = 6,4 \text{ kWh}$$

Veden höyrystymislämpö 40 C: lämpötilassa on noin 2400 kJ/kg = 0,67 kWh/kg

>> 7,5 kg vesimäärän höyrystäminen vaatii siten energiaa $7,5 \text{ kg} \times 0,67 \text{ kWh} = 5 \text{ kWh}$, mitä pienemmällä energiamäärällä kuivausta ei voi suorittaa.

>> esimerkkitapauksessa kuivauksen hyötysuhde on 78% eli sängen korkea

TASOKUIVURI OSITTAISELLA ILMAN KIERRÄTYKSELLÄ



Anturointi: Edellisen lisäksi on mitattava kierrätysilman määrä ja seosilman tila kohdassa "2" (voidaan määrittää myös Mollierin avulla, mutta kierrätysuhde on tiedettävä).

Kuivaus tapahtuu sitä tehokkaammin mitä matalammassa lämpötilassa kuivausilma kuivurista poistuu. Kierrätyskuivurissa kierrätystä on edullista käyttää siinä vaiheessa, kun poistoilman lämpötila alkaa kohoamaan. Laskentamenettely on sama kuin edellä kuvattu. Poistolämpötilan kohoamisvaiheessa laskentajaksot on valittava lyhyemmiksi.

Mittareita kuivauksen säätöön:

Pitot-putki on sopivin ilmavirtauksen mittalaite. Niitä on kaupallisesti paljon saatavissa. Katso internetistä hakusanalla Pitot-putki. Sopiva on esimerkiksi tyyppi Extech HD350 hinta 350 e luokkaa.

Lämpötilamittauksiin sopii Pt100 vastusanturi tai joku muu vastusanturityyppi. Minä (Tapani) valitsisin termoelementin. katso esim. Nokeval.com sivuilta. Sieltä löytyy elementtityyppejä

TCT anturi 35 e

TCA anturi 29 e

Löytyy paljon muitakin toimittajia.

Termoelementti antaa millivolttiluokkaisen lämpötilaan verrannollisen jänniteviestin. Tarvitaan lisäksi muunnin/lähetin yksikkö muuntamaan anturiviestin näyttökojeelle tai logiikalle sopivaan muotoon.

Koko lämpötilan mittausjärjestelmän hinta ylittää 100e , mutta jää alle 1000e. Muunnin/lähetyn yksikkö on yhteinen kaikille järjestelmän lämpötilamittauksille eli siinä voi olla useita sisäänmenoliitäntöjä.