

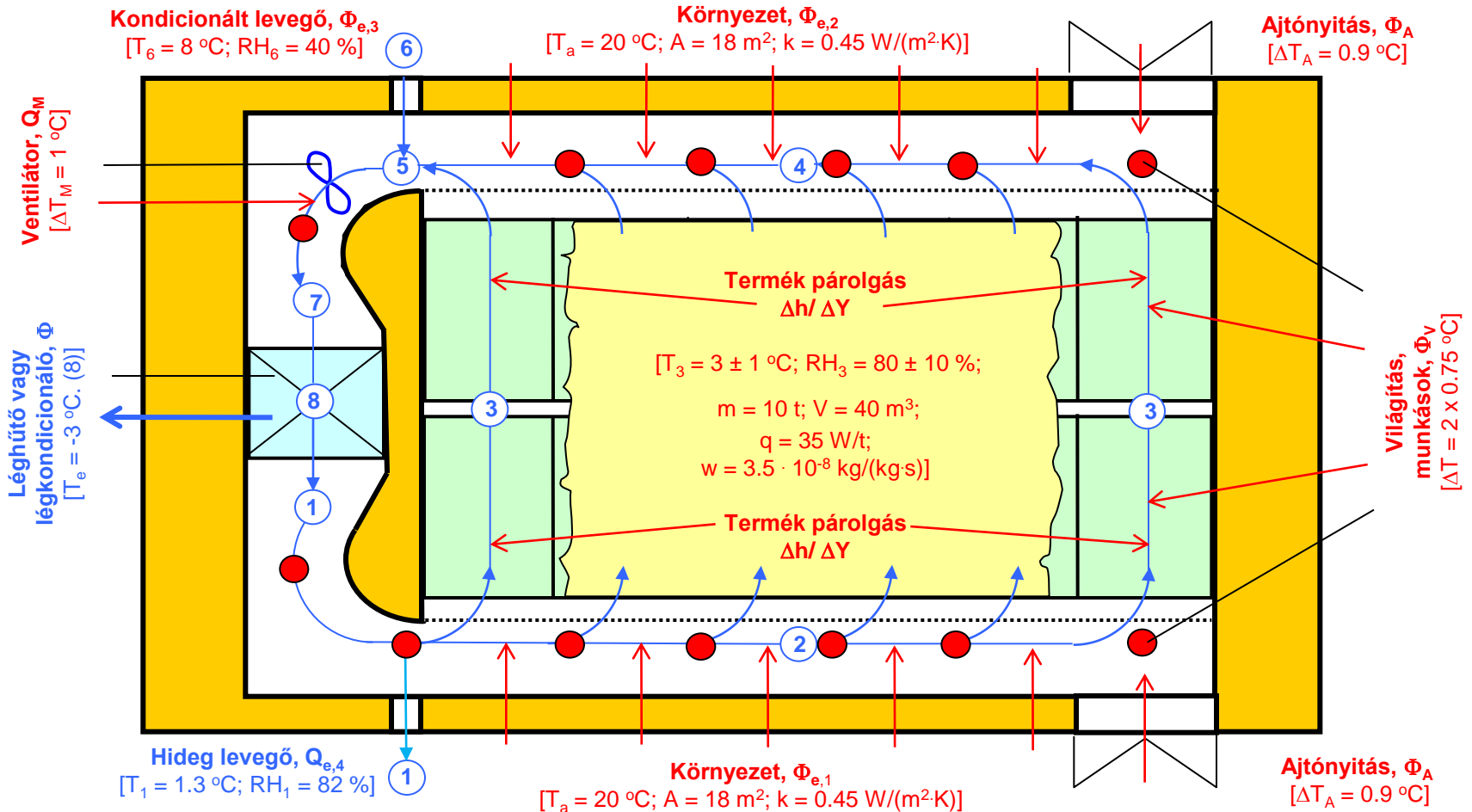
HŰTÉSTECHNIKA ALAPJAI

11. ELŐADÁS

HŰTÉS, HŰTŐTÁROLÁS TÉRVEZÉSÉNEK ALAPJAI



HŰTŐTÁROLÓ MODELLJE, HŐTERHELÉSEI



A HŰTŐTELJESÍTMÉNY-IGÉNY SZÁMÍTÁSA



Hűtőteljesítmény – igény (Φ)

A hűtőteljesítmény-igény két részből tevődik össze: $\Phi = \Phi_i + \Phi_e$

Ahol: Φ_i - a belső hőterhelés [kW]
 Φ_e - a külső hőterhelés [kW]

- **A belső hőterhelés:** $\Phi_i = \Phi_E + \Phi_V + \Phi_M + \Phi_A + \Phi_B$

Ahol: Φ_E – az emberi hőleadás, Φ_V – világítás hőtermelése, Φ_M – a gépek hőtermelése, Φ_A – a ki- és berakodás során bejutó hőáram, Φ_B – egyéb hőterhelés (a termék lehűtéséhez szükséges hűtőteljesítmény):

- **A külső hőterhelés:** a falakon keresztül átadódó ún. transzmissziós hőáram

$$\Phi_e = \sum_{i=1}^n A_i \cdot k_i \cdot [(T_{k,i} - T_{b,i}) + \Delta T_{s,i}]$$

Ahol: A_i – az egyes zárófelületek (falak) területe (m²)

k_i – az egyes falak hőátvezetési tényezője, $k = (0,12-0,45)$ (W/m²°C)

$T_{k,i}$ – a fallal határos külső tér hőmérséklete (°C)

$T_{b,i}$ – a belső tér hőmérséklete (°C)

$\Delta T_{s,i}$ – a külső napsugárzásból származó hőmérséklet különbség (°C)

Egyszerűsített számításokban a fal tájolásától függően a következő értékeket lehet figyelembe venni: É-ÉK – elhanyagolható; NY-K-DK-ÉNY - $\Delta T_{s,i} = (5-10)$ °C, D-DNY - $\Delta T_{s,i} = (10-20)$ °C, továbbá fűtött padlónál a fűtési energia, vagy szigetetlen padlónál $Q_{e,p} = 16 A$ (W) (itt: A – padló felülete, m²).

BELSŐ HŐTERHELÉS-1



EMBERI HŐLEADÁS

$$\Phi_E = 500 \text{ kJ/h/fő}$$

VILÁGÍTÁS HŐTERMELÉSE

$$\Phi_V = a \cdot E$$

Ahol: a – egyidejűségi tényező

E – a világítótestek elektromos teljesítménye (kW)

GÉPEK HŐLEADÁSA

$$\Phi_M = \sum_{i=1}^n M_i \cdot \frac{P_i}{\eta_i}$$

Ahol: M_i – egyidejűségi tényező

P_i – egyes villamos motorok teljesítménye (kW)

η_i – az egyes villamos motorok hatásfoka

KI- ÉS BERAKODÁSNÁL BEJUTÓ HŐÁRAM

Az ajtók nyitva tartásából származó hőveszteség (Φ_A) különösen fagyasztóknál és fagyasztott tárolóknál jelentős lehet, amit zsillippel és hőszigetelő függönyökkel csökkentenek. Az ajtó nyitva maradását felügyelő rendszer jelzi.

BELSŐ HŐTERHELÉS-2



AZ ÉLELMISZER ÉS A GÖNGYÖLEG HÚTÉSE

$$\Phi_B = \frac{\Phi_{B,1} + \Phi_{B,2}}{t} + \Phi_R \cdot m = \frac{m \cdot c_p \cdot (T_o - T) + \sum_{i=1}^n m_{g,i} \cdot c_{p,g,i} \cdot (T_o - T)}{t} + \Phi_R \cdot m$$

Ahol: $\Phi_{B,1}$ – a termékből elvonandó hő (kJ)

$\Phi_{B,2}$ – a göngyölegből elvonandó hő (kJ)

m – a termék tömege (kg)

c_p – a termék fagypont feletti fajhője (kJ/kg K)

T_o – a termék hűtés előtti hőmérséklete (°C)

T – a termék hűtésének véghőmérséklete (°C)

$m_{g,i}$ – egyes göngyöleg tömege (kg)

$c_{p,g,i}$ – egyes göngyöleg fajhője (kJ/kg K)

t – hűtési idő (s), meghatározását ld. 5. ELŐADÁS 12. dia és a következő dia

Φ_R – az élelmiszer hőtermelése (kW/kg), értékei különböző termékekre ld. Beke Gy.

HÚTÓIPARI KÉZIKÖNYV 2. kötet. Az élelmiszer a tárolás során párolog is, ami csökkenti a hűtési igényt. Ez a pára lekondenzálódik az elpárologtatóra, amely ugyanekkor hő igényel, így a kettő összege „0”. Ugyanakkor ha a pára rá is fagy az elpárologtatóra (deresedés) akkor a fagyáshoz hőenergiára van szükség. Ennek számításához ismerni kell a termék párologási tényezőjét, továbbá a tárolás körülményeit.

HŰTÉSI IDŐ SZÁMÍTÁSA-1



HŰTÉSI IDŐ MEGHATÁROZÁSA A FELEZÉSI IDŐ ALAPJÁN

A termék hőmérséklete hűtésekor az idő függvényében exponenciálisan csökken. Ha ebben a függvényben - a termék hőmérséklete helyett - a termék és a hűtőközeg (T_h) hőmérsékletkülönbségének kezdeti ($T_o - T_h$) és végső ($T - T_h$) értékéből képzett dimenzió nélküli hányadost $[\Theta = (T - T_h) / (T_o - T_h)]$ szerepeltetjük, a kapott összefüggés függetlené válik a termék kezdeti hőmérsékletétől. A hányados felére ($\Theta = 0,5$) csökkentéshez szükséges idő a Z-érték, azaz a hűtés ún. felezési ideje. Ha ezt a termékre vonatkozóan ismerjük a hűtési idő (t) bármely más hőmérsékletekre az alábbiak szerint számítható:

$$t = -1,44 \cdot Z \cdot \ln\left(\frac{T - T_h}{T_o - T_h}\right) = -3,31 \cdot Z \cdot \lg\left(\frac{T - T_h}{T_o - T_h}\right)$$

A fenti elv és a Z-érték mérése az 5. ELŐADÁS 12, diáján követhető. A Z-érték természetesen függ a hűtési eljárás fajtájától, (pl. léghűtés vagy vízhűtés, ld. 3. ELŐADÁS,) és annak jellemzőitől. Tájékoztató értékük kertészeti termékekre a következő: (1) – hűtőterem: $Z = (40-100)$ h; (2) – hűtőcsatorna: $Z = (7-15)$ h; (3) - jeges vizes előhűtés: $Z = (0,1 - 0,15)$ h; (4) - vákuumhűtés: $Z = (0,05-0,15)$ h.

HŰTÉSI IDŐ SZÁMÍTÁSA-2



HŰTÖTT TERMÉK MODELLEZÉSE

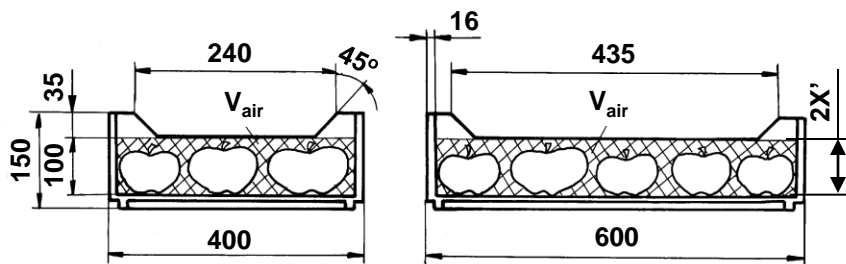
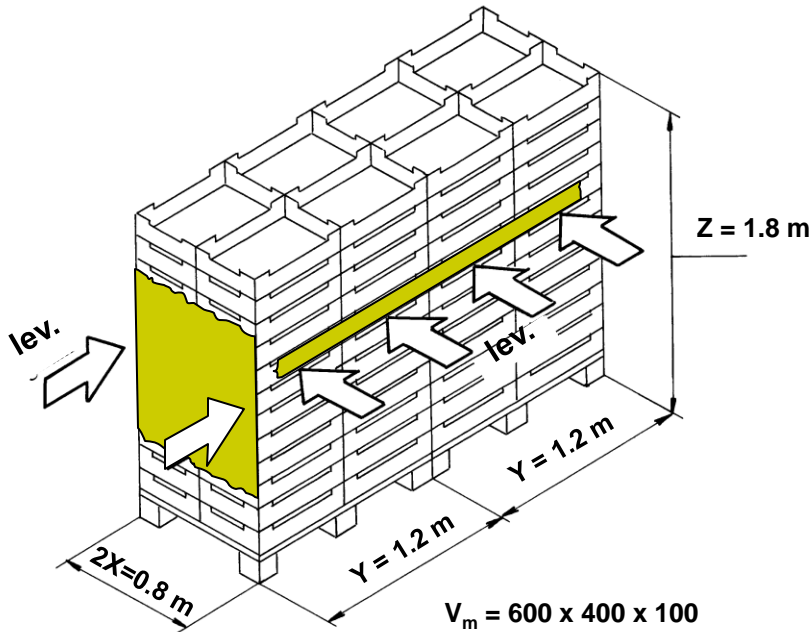
A hűtendő termék modellje:

PORÓZUS SZERKEZETŰ , VÉGTELEN HOSSZÚ SÍK LAP

Ezt pl. kertészeti termékek esetén az ábrán látható módon kapjuk. A lapok vastagsági méretét ($2X$) a rakatok, rekeszek, termékek mérete határozza meg. A lapot a termék anyaga és a közötté lévő levegő alkotja. A lap porozitása:

$$\epsilon_h = \frac{V_{\text{ü}}}{V_h} = \frac{V_h - V}{V_h} = 1 - \frac{V}{V_h} = 1 - \frac{m \cdot \rho_h}{\rho \cdot m} = 1 - \frac{\rho_h}{\rho}$$

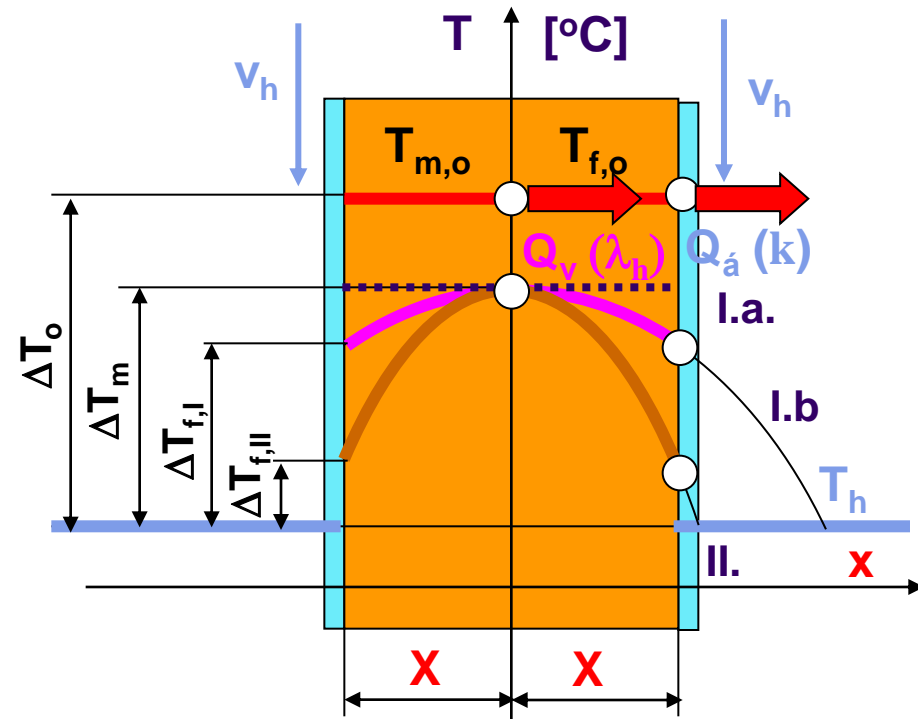
Itt: ρ - a hűtött termék mért sűrűsége
 ρ_h - a hűtött termék halmazának sűrűsége



HŰTÉSI IDŐ SZÁMÍTÁSA-3



VÉGTELEN HOSSZÚ SÍK LAP HŰLÉSE



Biot-szám: $Bi = \frac{k \cdot X}{\lambda_m}$

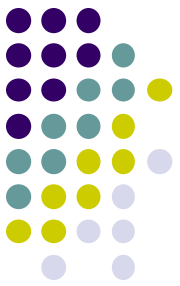
$$\lambda_m = \lambda \cdot (1 - \varepsilon_m) + \lambda_{air} \cdot \varepsilon_m$$

I.a- $Bi < 0,1$; I.b- $0,1 < Bi < 10$; II.- $Bi > 10$

A hűtőközegben a sík lap hűlése időben változó ún. instacioner hőátadási folyamat. A hő a lap közepéből a felszínig vezetéssel (Q_v) terjed, majd onnan a hűtőközeg áramlással (Q_a) szállítja el. A hűlés a hővezetési tényezőtől (λ_m), a hőáramlási tényezőjétől (k), és a lap vastagságától ($2X$) függ. Az ezekből alkotott dimenzió nélküli szám: a Biot-szám (Bi). A lap vastagsága mentén a kezdeti hőmérséklet (T_o) azonos, majd a hűtés során (t – idő után) a Bi -szám értékétől függően változik (ld. I.a, I.b és II.). A termék közepe (magja, T_m) lassabban hűl mint a felülete (T_f). Ezért, a Z -értéket és a hűtési időt is a magra kell számolni!

Élelmiszerek fizikai jellemzői: Beke Gy.
HŰTŐIPARI KÉZIKÖNYV 2. Kötet

HŰTÉSI IDŐ SZÁMÍTÁSA-4



A FELEZÉSI IDŐ (Z) SZÁMÍTÁSA A MODELL ALAPJÁN

$$Z = 0,302 \cdot f = 0,302 \cdot \left\{ \frac{X^2}{a_m} \cdot \left(1 + \frac{2}{Bi} \right) = \frac{X^2}{a_m} \cdot \left[1 + \frac{2}{\left(\frac{k \cdot X}{\lambda_m} \right)} \right] \right\}$$

Ebben:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{(5,8 + 3,9 \cdot v_h)} + \frac{1}{k \cdot \frac{\lambda_{\text{levegő}}}{s_p} + (1 - k) \cdot \frac{\lambda_p}{s_p}}}$$

Ahol:

T_o – a termék belépő hőmérséklete (°C)

T – a termék kilépő hőmérséklete (°C)

Z – felezési idő (s)

λ – hővezetési tényező (W/m °C)

a – hőmérsékletvezetési tényező (m²/s)

K – perforálás %

T_h – a hűtőközeg hőmérséklete (°C)

f – tizedelési idő (s)

X – síklemez fél-vastagság (m)

k – hőátadási tényező (W/m² °C)

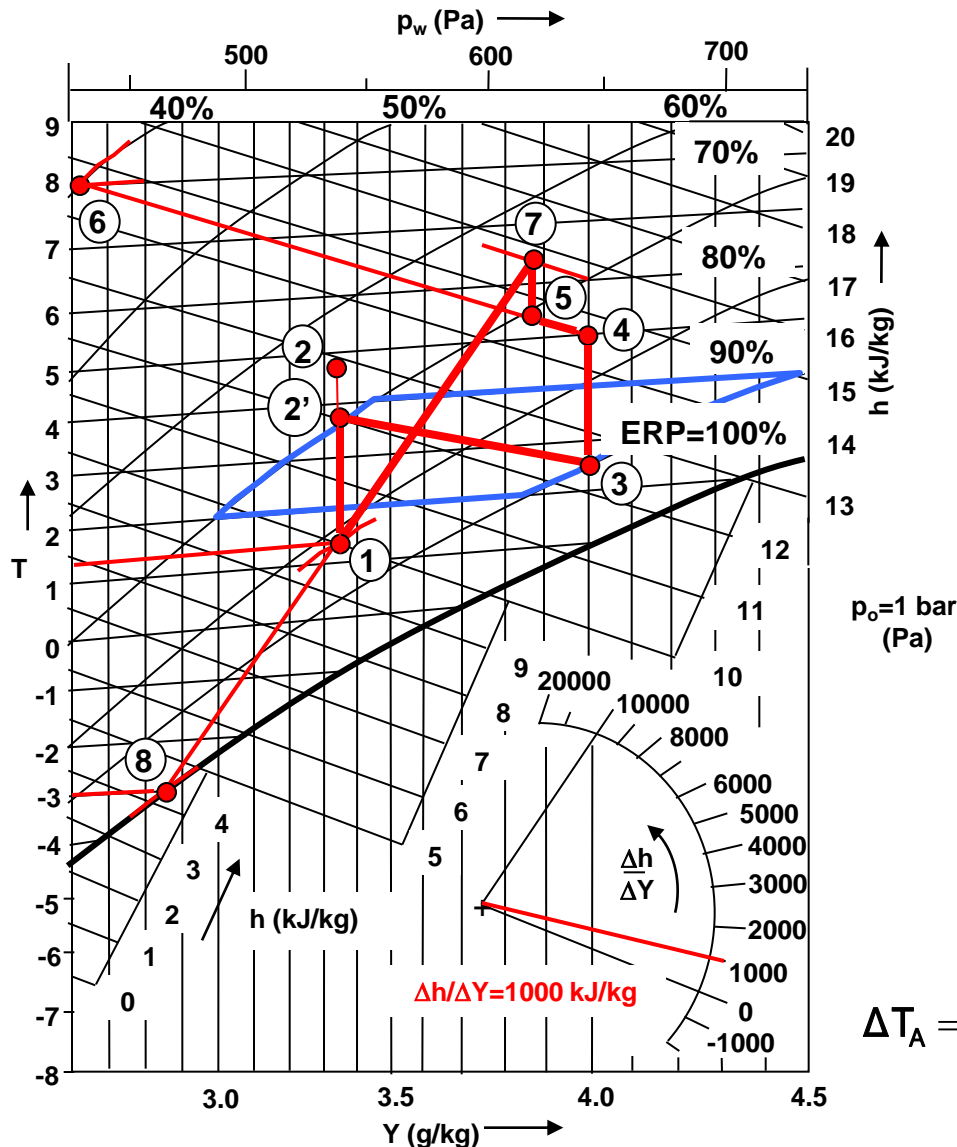
v_h – hűtőközeg sebessége (m/s)

indexek - m : termék, p : csomagolóanyag

t – hűtési idő (s) – számítását ld. 7. dián,

„ m ” termékhalmoz jellemzői: Beke Gy. HŰTŐIPARI KÉZIKÖNYV 2. kötet

HŰTŐTEREM KLÍMÁJA



ADATOK

$$V_{\text{levegő}} = 1500 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$c_{p,\text{levegő}} = 1 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$$

$$\rho_{\text{levegő}} = 1,28 \text{ kg}/\text{m}^3; \text{Egyéb} - \text{ld. 2. dia}$$

LEVEGŐ ÁLLAPOTVÁLTOZÁSAI

(1-2) – melegítés ($\Phi_{e,1} + \Phi_A + \Phi_V/2$)

(2-2') – kiengedett levegő ($\Phi_{e,4}$)

(2'-3) – nedvesítés ($\Delta h/\Delta Y = q/w$)

(3-4) – melegítés ($\Phi_{e,2} + \Phi_A + \Phi_V/2$)

(4-5) – 4 és 6 ($\Phi_{e,3}$) levegő keverése

(5-7) – melegítés (Φ_M)

(7-1) – léghűtés (Φ)

(8) – elpárolgató felülete

HŐMÉRSÉKLETVÁLTOZÁSOK

$$\Delta T_A = \frac{\phi_A}{V_{\text{lev}} \cdot \rho_{\text{lev}} \cdot c_{p,\text{lev}}}$$

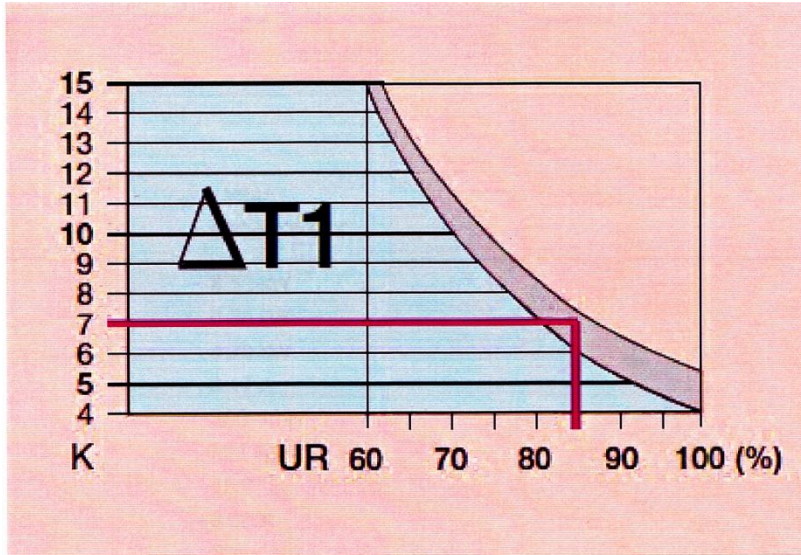
$$\Delta T_V = \frac{\phi_V}{V_{\text{lev}} \cdot \rho_{\text{lev}} \cdot c_{p,\text{lev}}}$$

$$\Delta T_M = \frac{\phi_M}{V_{\text{lev}} \cdot \rho_{\text{lev}} \cdot c_{p,\text{lev}}}$$

HŰTŐGÉP KIVÁLASZTÁSA



A TEREM ÉS AZ ELPÁROLOGTATÁSI HŐMÉRSÉKLET KÜLÖNBSÉGE



Az ábra alapján, ER = 85 % relatív páratartamnál: $\Delta T_1 = 7 \text{ }^\circ\text{C}$.

Az elpárolgatósi hőmérséklet (T_o):

$$T_o = T_{\text{terem}} - \Delta T_1$$

A 2. dián megadott adatok ($T_{\text{terem}} = T_3 = 3 \text{ }^\circ\text{C}$ és

ER=80 %) esetén:

$$T_o = 3 - 8 = -5 \text{ }^\circ\text{C}$$

EGY MUNKAPONTOS KIVÁLASZTÁS

Ennél a maximális terhelésre történik az elemek kiválasztása.

TÖBB MUNKAPONTOS KIVÁLASZTÁS

Az aggregátot (kompresszort) itt is a maximális környezeti (kondenzációs) hőmérsékletre választjuk ki, de teljesítményét alacsonyabb környezeti hőmérsékleten is vizsgáljuk, és az elpárolgatók kiválasztásánál ezt vesszük figyelembe. Továbbá, figyelembe vesszük a tároló levegőjének nedvességtartalmát is (ld. az ábra)

TERMÉKTÁROLÁS MENEDZSMENT



1. A terményt korán reggel kell betakarítani, majd válogatni, mosni és osztályozni kell még a tárolás megkezdése előtt.
2. A tárolókat alaposan ki kell takarítani az idény végén, és – ha szükséges – klórral sterilizálni, majd megfelelő gázzal fertőtleníteni kell penészgombák ellen, végezetül pár nappal a hűtési szezon kezdete előtt le kell hűteni.
3. A rakomány elrendezésénél a következő paraméterek alapvetők: a rakományt a külső és meleg falaktól 10...12 cm távolságban kell elhelyezni; egy kb. 8 cm vastag légpárna szintén szükséges a padló és a rakomány között; hagyjanak keskeny, de legalább 1 cm széles függőleges réseket a rakományon belül; legyen legalább 20 cm távolság a mennyezeti hűtő vagy a mennyezet és a rakomány teteje között!
4. A rakatok helyzetét festéssel jelölni kell a padlón, vagy egy falra akasztott táblán.
5. A gyors hűtés, egyenletesen alacsony - maximum ± 1 °C tartományban váltakozó - hőmérséklet, és a nagy ERP az alacsony tömegveszteség előfeltételei.
6. A termék és levegő hőmérséklet; ERP; légsebesség; leolvasztási idő, -gyakoriság és -vízmennyiség; az ajtók zártsága, stb., PLC-vel szabályozandó paraméterek.
7. A termék minőségét a tárolás alatt rendszeresen ellenőrizni kell, a romlottakat el kell távolítani, közeli romlásra utaló jelek esetén időben el kell adni vagy fel kell dolgozni.
8. A termék be- és kitárolására valamint ellenőrzésére vonatkozó adatokat rögzíteni kell.