

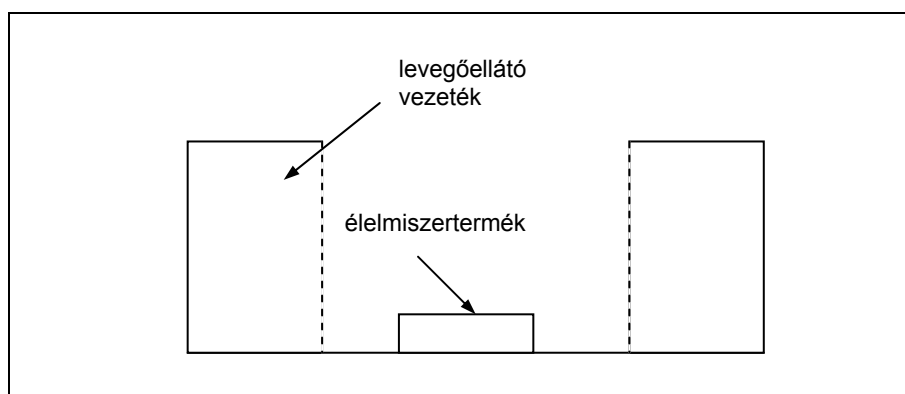
3.6 | Élelmiszeripari energiamegtakarítás lehetősége hűtő levegőáram helyi alkalmazásával

Tárgyszavak: hűtés; levegőáram; energiamegtakarítás; nyomás; sebesség; hőszigetelés; élelmiszeripar.

A hűtött termékek gyártása, az Egyesült Királyság élelmiszeriparának leggyorsabban fejlődő szektora, évente $3,34 \cdot 10^{15}$ J energiát fogyaszt, ebből $6,01 \cdot 10^{14}$ J szükséges a gyártó helyiségek alacsony hőfokon tartásához. A Northern Foods üzem mérnökei és kutatóintézeti szakemberek együttműködésében kidolgozott energiamegtakarító koncepció azon alapszik, hogy elég az élelmiszer körüli szűk térre korlátozni a hűtést hideg levegővel, maga a helyiség magasabb hőmérsékleten maradhat.

Az e célra tervezett lokális ellátórendszerben (1. ábra) a szalagon továbbított élelmiszert mindkét oldaláról hűti az egy-egy vezetéken érkező hideg levegő. Az elérhető megtakarítás meghatározásához mérni kell

- az ellátó levegőáramot és
- a két ellátóterminál között, a helyiség 16 °C -os hőmérséklete mellett a kívánt 5 °C fenntartásához szükséges hűtőlevegő-hőmérsékletet.



1. ábra Hűtőlevegő helyi alkalmazásának vázlata

Az Egyesült Királyság Egészségügyi és Munkabiztonsági Hivatalának ajánlása élelmiszer-feldolgozó üzemekben manuális munkához legalább 13 °C, ülőmunkához 16 °C, ennek megfelelően választották az új rendszerhez környezeti kritériumként a 16 °C-ot.

Kísérletek

A kísérletekhez 3 m hosszú, 100 vagy 200 m mély levegőellátó terminálokat használtak két, illetve négy párhuzamos vízszintes réssel és a levegő nyomásának, s vele állandó áramlási sebességének szabályozásával. A hűtőlevegőt az előállító egységből hajlékony fűvócsövek szállították. A terminálokba jutó levegő térfogatáramát a levegő áramlási sebességéből számították ki, amelyet a szállítóvezetékben 5 m-enként, radiálisan és a középvonalon elhelyezett Pitot-csővel, szabványos módszerrel mértek.

A hőmérsékletet a helyiségben és a levegőellátó rendszer több pontján 20 perces kísérleti idő alatt 20 s-enként mérték. A kezdeti hőszigetelés nélküli mérések után a további kísérletekhez mindkét terminálon 25 mm vastag 0,034 W/m.K hővezető képességű szigetelést alkalmaztak.

Az energiafelhasználás becslése

Az ún. nagy gondosságot igénylő (high-care) termékek előállításához az élelmiszer-komponensek hűtve érkeznek az összeállító helyiségbe, ahol pl. a szendvicseket készítik. A becsomagolt végterméket ezután légárammal hűtik vissza a 10 °C-os helyiségben felvett hőmérsékletre.

Ezekben a gyártóegységekben a felhasznált energia becslését 4 m magas, 1000 m² alapterületű, négy 15 m hosszú gyártósorral rendelkező helyiségre végezték el, amelyben szellőzőberendezés működik, 10%-os légcserével. A helyiségben a csomagológépek, motorok és a dolgozók által termelt, valamint a falon átáramló hőt 150 kW-ra becsülték. E hőterhelés kiegyenlítéséhez és a helyiség 10 °C-os hőmérsékletének fenntartásához szükséges levegőtérfogatot és feltételeket számítógépes program segítségével határozták meg. Ezt az adatot használták fel az energiafogyasztás becsléséhez.

A számításokat – egyébként mindenben azonos paraméterekkel és kritériumokkal – elvégezték arra az esetre is, ha a munkahelyiség 5 °C-os, s ezért nincs szükség a végtermék összeállítása és csomagolása utáni hűtésre.

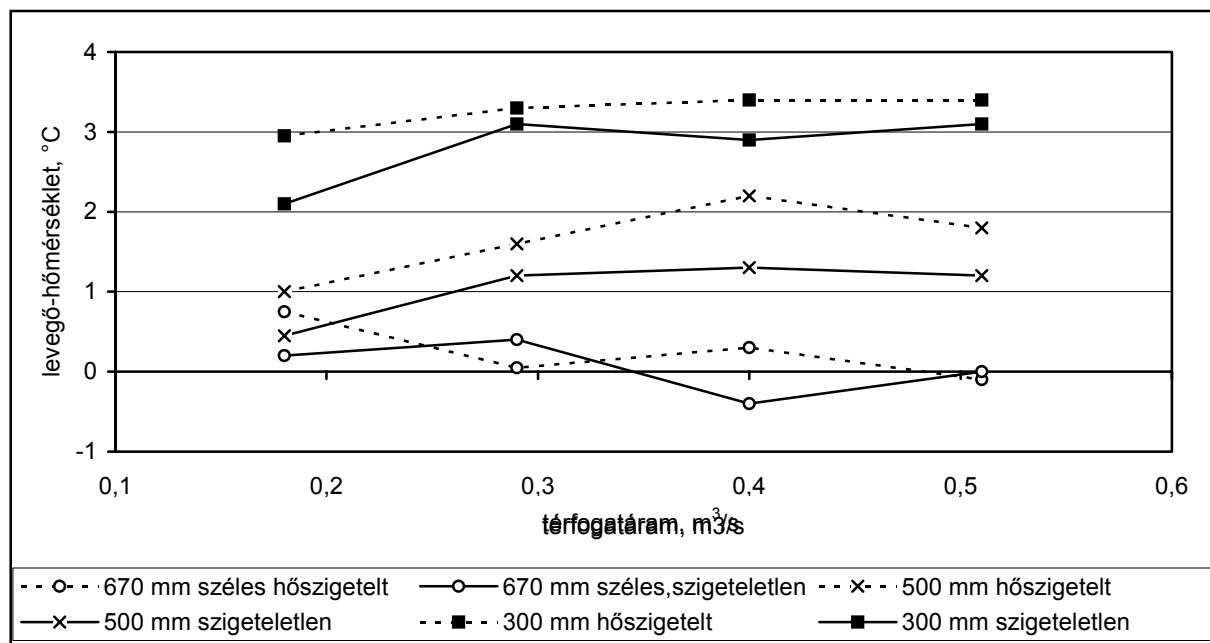
A hideg levegő az ellátó terminálokról a helyiségbe áramolva csökkenti a hűtőrendszer terhelését, ezáltal megváltoztatja a levegőbefűv

és -elszívás (a légcseré) viszonyait. Ismét a számítógépes programot használták annak kiszámítására, hogy mik a helyiségben a 16 °C-os hőmérséklet és 55%-os relatív páratartalom fenntartásának mennyiségi feltételei.

Eredmények

A két 200 mm mély terminálban azok hossza mentén a nyomás fokozatosan csökken. A statikus nyomás 40 és 5 Pa közötti volt a legnagyobb, 0,51 m³/s és a legkisebb, 0,17 m³/s áramlásnak megfelelően. Eközben a levegő áramlási sebessége 5,5, illetve 1,5 m/s volt.

Egy 100 mm mély hűtőlevegőt szállító terminál középvonala mentén az 5 °C-os átlaghőmérséklet 16 °C-os helyiségben való fenntartásához szükséges levegőáram és -hőmérséklet összefüggését vizsgálva (2. ábra) megállapítható, hogy magasabb hőmérsékletű levegőt lehet befűjni, ha szűkebb a csatorna és nagyobb az áramlási ráta, valamint ha szigetelve vannak a terminálok.



2. ábra Hűtőlevegő-hőmérséklet és -térfogatáram összefüggése a helyi 5 °C-os hőmérséklet fenntartásához különböző terminálokban

További összehasonlításból kiderül, hogy 200 mm mély szigetelt terminálban magasabb hűtőhőmérsékletet lehet alkalmazni, mint a 100 mm-esben, szűkebb rés és nagyobb volumenű levegőáramlás esetén.

Energiaszámítások

Az említett 150 kW hőterhelés kiegyenlítéséhez és a termelőhelyiség 10 °C-os hőmérsékletének fenntartásához

- a bevitt levegőnek 5,5 °C-osnak és 96% relatív páratartalmúnak kell lennie, miközben
- a helyiséget elhagyó levegő 16,5 °C-os, relatív páratartalma 60%,
- a levegő szükséges térfogatárama pedig 12,5 m³/s.

Az ilyen viszonyokra érvényes sűrűség- és entalpiaértékekkel számolva, továbbá napi 18 órás működést és évi 51 munkahetet feltételezve

- az energiafelhasználás évente $5,10 \cdot 10^{12}$ J,
- a csomagolt áru légárammal való hűtéséhez $1,98 \cdot 10^{12}$ J,
- összesen tehát a „különös gondosságot” igénylő üzembrész működtetéséhez $7,08 \cdot 10^{12}$ J/év.

A közvetlen termelési terület 5 °C-os hőmérsékletének fenntartásához, a számítógépes program szerint

- 12,5 m³/s áramlás mellett
- a helyiségbe belépő levegő szükséges adatai: 0,5 °C és 80% relatív páratartalom,
- a kilépő levegőé: 13 °C és 65%,
- ehhez az energiaigény $6,44 \cdot 10^{12}$ J/év.

1. táblázat

Becsült energiafelhasználás és megtakarítás hűtőlevegő helyi alkalmazásával

A rendszer		A helyi hűtés energia-szüksége, J/év	A helyi hűtéssel elérhető energiamegtakarítás 10°C-os munkahelyiség-hez képest		A helyi hűtéssel elérhető energiamegtakarítás 5°C-os munkahelyiség-hez képest	
mélysége, mm	szélessége, mm		J/év	%	J/év	%
100	300	$4,91 \cdot 10^{12}$	$2,17 \cdot 10^{12}$	30,6	$1,53 \cdot 10^{12}$	23,8
100	500	$5,14 \cdot 10^{12}$	$1,94 \cdot 10^{12}$	27,4	$1,30 \cdot 10^{12}$	20,2
100	670	$5,23 \cdot 10^{12}$	$1,85 \cdot 10^{12}$	26,1	$1,21 \cdot 10^{12}$	18,8
200	300	$4,78 \cdot 10^{12}$	$2,30 \cdot 10^{12}$	32,5	$1,66 \cdot 10^{12}$	25,8
200	500	$4,97 \cdot 10^{12}$	$2,11 \cdot 10^{12}$	29,8	$1,47 \cdot 10^{12}$	22,8
200	670	$4,94 \cdot 10^{12}$	$2,14 \cdot 10^{12}$	30,2	$1,50 \cdot 10^{12}$	23,3

A számított áramlási és hőmérsékletadatok, valamint a helyiségszellőzés levegőbefúvási és -elszívási feltételei alapján meghatározták az 5 °C-os élelmiszer körüli hőmérsékletet és 16 °C-os helyiséghőmérséklet fenntartásához szükséges energiát (1. táblázat), mégpedig a hűtő levegő legkisebb áramlási rátájára és szigetelt terminálokra, mint az energiamegtakarítás legkedvezőbb lehetőségeire. A megtakarítás hagyományos termelési viszonyokhoz képest 26–32%, ennél kissé szerényebb: 19–26% 5 °C-os munkahelyiség esetén.

Összeállította: Dr. Boros Tiborné

Burfoot, D., Reavell, S.: Localised air delivery to reduce energy use in the food industry. = Journal of Food Engineering, 2003. („Article in press”) p.1–6.

Integrierte Gesamtlösungen für Sainsbury's und Guinness. = Das Energie Fachmagazin, 55. k. 1/2. sz. 2003. p. 34–35.

Wang, L.; Sun, D-W.: Recent developments in numerical modelling of heating and cooling processes in the food industry – a review. = Trends in Food Science & Technology, 14. k. 10. sz. 2003. p. 408–423.