

ENERGIEFFEKTIVA KYLSYSTEM i livsmedelsbutiker

[TEXT]
PIA TILJANDER,
MARTIN LARSSON,
MARKUS LINDAHL,
LENNART ROLFSMAN
RISE Research Institute
of Sweden

RISE Research Institutes of Sweden har undersökt hur tre olika systemlösningar för livsmedelskyla ska konstrueras för att nå högsta möjliga energieffektivitet med fokus på teknisk potential. Dessa har definierats som "Best Available Technology" (BAT). Målet är att ökade kunskaper om systemet ska leda till att energiprestandan ökar i framtidens kylsystem.

Den här artikeln baseras på en förstudie utförd på uppdrag av Belivs och finansierad av Energimyndigheten och de system som undersökts i artikeln beskrivs utförligare i Belivs Förstudierapport BF23^[1]. Representanter ifrån COOP, WILLYS, Bergendahls, Morgan Runesson AB, Wica Cold, Enrad och Kylma har bistått med erfarenhet, kunskap samt mätdata från befintliga system till förstudien.

F-gasförordningen reglerar en snabb utfasning av köldmedium med hög klimatpåverkan, främst CFC. Införandet av F-gasförordningen innebär att kylsystemen för i stort sett alla livsmedelsbutiker, med F-gaser i DX-system, behöver byggas om för att klara kraven. De butiker som inte byggts om ännu har ett bra tillfälle för installation av energieffektiva kylsystem, för att uppnå en låg energiförbrukning i framtiden. Det blir kostnadseffektivt att ta tillfället i akt och bygga rätt från början. Det kräver dock ett långsiktigt beaktande till energieffektivitet vid upphandlingen. Med "rätt från början" avses till exempel en noggrann dimensionering, där kapacitetsreglering är avgörande för energieffektiv drift. Det inverkar mycket mer än teknikvalet i sig.

I studien har systemprestandan för tre kylsystem analyserats i syfte att föreslå hur systemen ska konstrueras för att uppnå hög energieffektivitet. Studien syftar inte till att jämföra de olika systemen och ge råd angående vilket av systemen som ska väljas eftersom det beror på yttre omständigheter som till exempel butikens storlek och befintligt kylsystem. Studerade system bedöms vara "Best Available Technology" (BAT) och energieffektiva. Valet av dessa baseras på en tidigare studie där möjliga alternativ till R404a sammanställdes^[2].

För kylanläggningars totala energieffektivitet, spelar ofta värmeåtervinning en viktig roll. För att fokusera på kylan och förenkla analysen har värmeåtervinning inte inkluderats i den här studien.

Samtliga system som beskrivs i artikeln kan enkelt kompletteras med till exempel en värmepump, för att få en energieffektiv värmeåtervinning.

DE TRE UNDERSÖKTA KYLSYSTEMEN

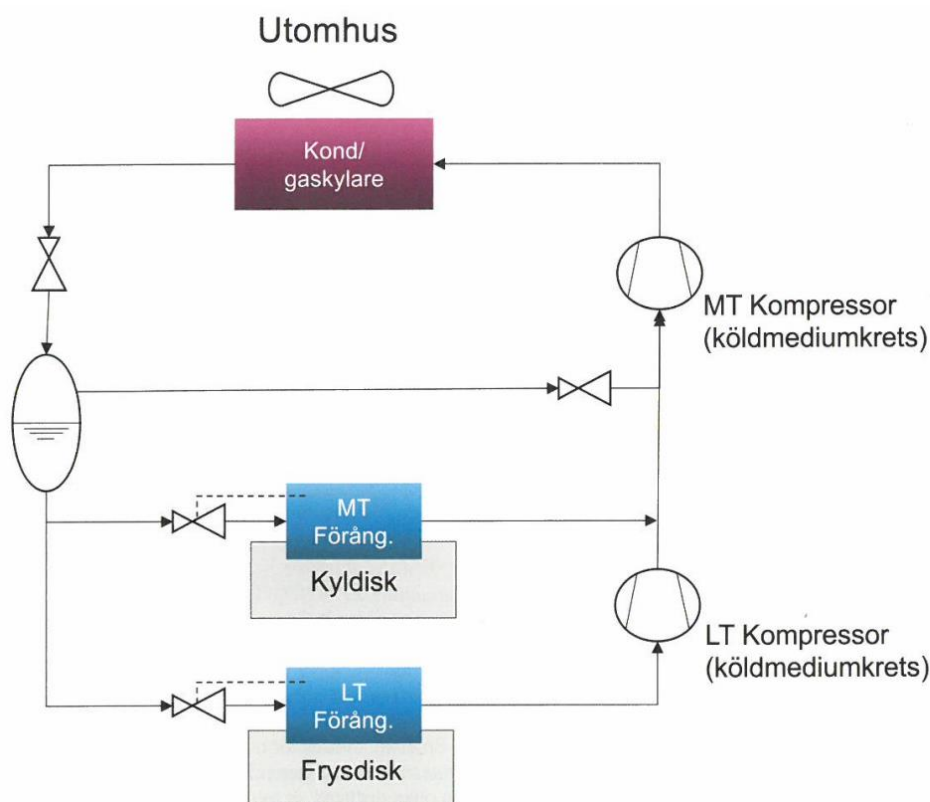
Tre kylsystem baserat på "Best Available Technology" togs fram och analyserades. De undersökta systemen var:

WATERLOOP-SYSTEM, PLUG-IN DISKAR MED BRANDFARLIGT KÖLDMEDIUM

- » Plug-in (stickkontakt) diskar med ett eget kylaggregat per kyldisk.
- » Köldmedium: R290 (propan), lokal köldmediumkrets i respektive plug-in disk.
- » Kompressorerna har on/off-drift.
- » En central kylmedelkrets, med kylmedelkylare mot utomhusluften.
- » Kylmedelkretsen kopplar samman kondensorer på plug-in diskarna, för både kyl och frys.
- » Kylmedelkretsen hämtar värmen från respektive kondensor och ger bättre möjlighet till värmeåtervinning centralt.
- » Dörrar på kyl- och frysdiskar.

MÖJLIGHETER:

- » Liten fyllningsmängd per krets med brandfarligt köldmedium kan användas utan säkerhetsrisker eller restriktioner. Förenklar val av tex kolväten, med obefintlig klimatpåverkan och med goda termodynamiska egenskaper (hög energieffektivitet)
- » Kontrollerad central värmeåtervinning av kondensorvärmen.
- » Snabbare installation och lägre entreprenadkostnad



Figur 2. Principskiss över ett transkritiskt CO₂-system med direktexpansion och gaskylare

lösts genom att ha flera kompressorsteg, frekvensreglering och elektroniska expansionsventiler. Väl avvägda arbetstemperaturer etc är ytterligare förklaringar. En risk utgörs dock av att om CO₂-systemen inte underhålls noggrant och om transkritisk drift förekommer många timar per år, kan energiprestandan bli mycket lägre än vad en subkritisk kylanläggning hade uppnått. Dvs transkritiska systems energiprestanda är känsligare för ogynnsamma temperaturer och oavsiktlig drift än de subkritiska.

INDIREKT SYSTEM MED BRANDFARLIGT KÖLDMEDIUM I MASKINRUMMET

Det indirekta kylsystemet har en cirkulerande vätskekrets som distribuerar kylan i butiken. Kylsystemet utmärker sig bland annat med avseende på att även frysar betjänas av en cirkulerande köldbärare. Elenergin till cirkulationspumpar i detta BAT-system är låg.

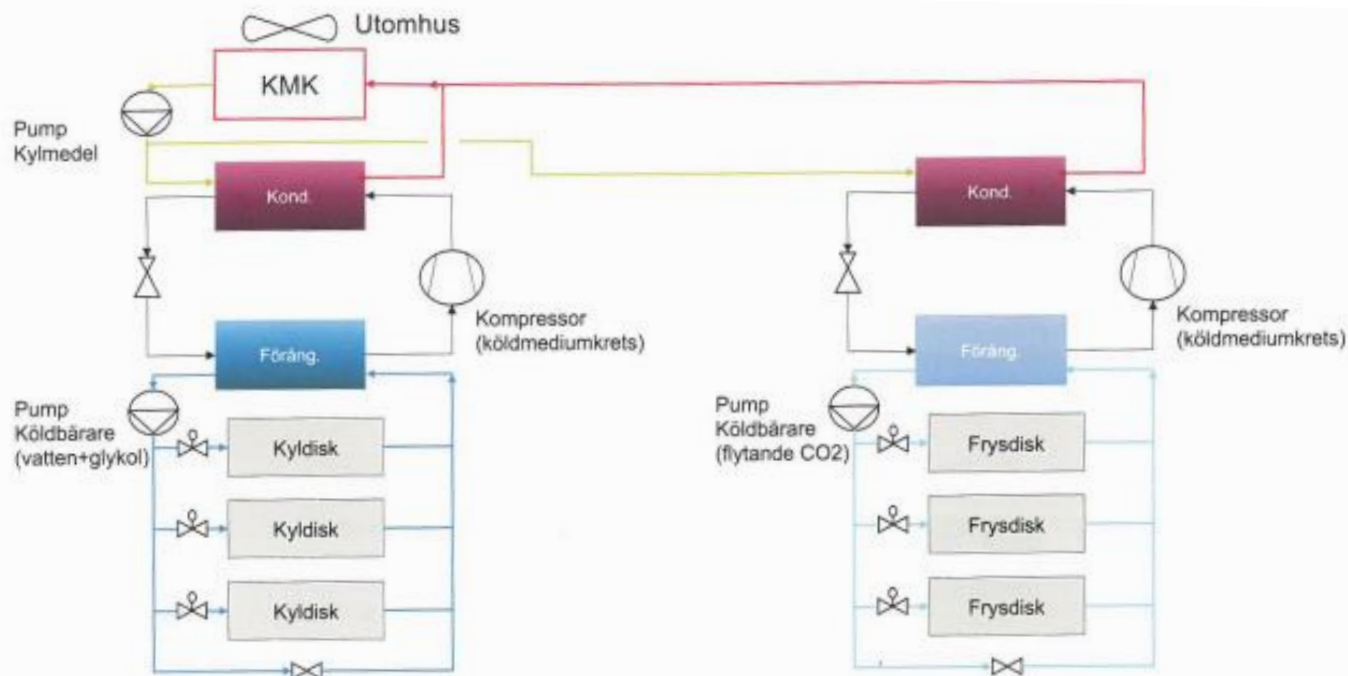
- » *Det indirekta systemet mot kylar har glykolvatten som köldbärare.*
- » *Det indirekta systemet mot frysar har flytande koldioxid som köldbärare.*
- » *Det indirekta systemet mot kondensorer distribuerar värmeeffekt till kylmedelskylaren utomhus.*
- » *Köldmedium: R290 (propan), köldmediumkretsen placerad inne i teknikrum, ej i butik.*

Gasdetektorer för CO₂

Vi lanserar nu CO₂ gasdetektorer från CAREL. Två modeller finns att välja på: Stand-alone detektor med inbyggd IR-sensor som monteras i ett rum eller en detektor med separat sensor som installeras i rummet. GLD-serien är kompatibel med Boss-familjen och Bluetooth®-uppkoppling mot detektorn för konfigurering.

Huvudkontor 08-598 908 00 ♦ Göteborg 031-49 99 50 ♦ Jönköping 036-31 23 80
Malmö 040-59 22 80 ♦ Stockholm N 08-598 908 40 ♦ Stockholm S 08-794 06 60
Sundsvall 060-64 12 90 ♦ Västerås 021-15 05 90

ett **BEIJER REF** företag



Figur 3. Principskiss över ett indirekt system med brandfarligt köldmedium i maskinrummet, till värster för kyl och till höger för fry.

- » Frekvensreglerande kompressorer, flera kompressorsteg för kyl- respektive fryssystemet.
- » Dörrar på både kyl- och frysdiskar
- » Elektroniska expansionsventiler

MÖJLIGHETER:

- » Stor termisk tröghet ger en bättre drift för kompressorer på låglast om deras lägsta kylkapacitet är högre än det lägsta kylbehovet. Risker med frekventa on/off-intervall minskar därmed.
- » Flexibilitet inför framtiden: vilket köldmedium som helst kan väljas, så länge teknikkretsen anpassas för det.

BEGRÄNSNINGAR:

- » Värmeväxlare erfordras, vilket ger temperaturförluster på fler ställen.

DIMENSIONERINGSUNDERLAG OCH METOD

Beräkningar av driftenergin under ett normalår utfördes på de tre typkonstruktionerna för en tänkt medelstor svensk livsmedelsbutik. Dimensionerande kylbehov har satts till 100 kW kyleffekt och 30 kW fryseffekt, där kyldiskarna antogs hålla +3°C och frysdiskarna -20°C [2]. Jämfört med förstudien som utfördes för två år sedan, vill vi uppdatera informationen om dagens "waterloop-kyldiskar", som idag kan arbeta med kondenseringstemperatur ner till 12 °C, vilket ger väsentligt bättre COP än som var fallet då beräkningarna i förstudien utfördes.

Kylbehovet hos en kyl- eller frysdisk beror av flera faktorer så som transmissionsförluster mot omgivning, belysning, fläktar, avfrostning samt infiltration av luft in i disken mm. Luften som infiltreras behöver kylas ner till disktemperaturen och luftens fukt kondenseras på kylbatteriet. Vid varma dagar då luften innehåller mycket fukt, står kondens (latent kyla) för en stor del av kylbehovet. Detta är viktigt att beakta vid energioptimal dimensionering.

En enkel modell för hur kyleffekten varierar över årets tids tog fram genom att årets timmar delats in i sju olika driftfall, se tabell 1. Tabellen visar att kyl- och fryssystemet har en delast som ligger under 50% av den dimensionerande kyleffekten under 75% av årets timmar och att behovet av max-effekt uppstår endast i ca 3% av drifttimmarna. Dessa visar tydligt att kyleffekten normalt ligger långt under den dimensionerande maximala kyleffekten. Säkerhetsmarginaler i flera led är en viktig orsak till överdimensionering, och medför att delasterna under en majoritet av årets drifttimmar bli väldigt låga. Tabellen indikerar hur viktigt det är med kapacitetsreglering på låga effekter för att erhålla en energieffektiv drift under året.

Driftfall 1: Nattgardiner ger låg infiltration och därmed ingen påfrostning eller latent kyleffekt.

Driftfall 2-3: Fukthalt i luften är låg under vinterhalvåret vilket ger väldigt liten påfrostning eller latent kyleffekt.

Driftfall 4-6: Fukthalt i luften är högre och ger ökande latent kyleffekt. Inträffar framförallt under vår, sommar och höst. Ökande utomhustemperaturer ger stigande kondenseringstemperatur.

Driftfall 7: Både utomhustemperaturen och fukthalten i luften är extremt hög, hög kyleffekt erfordras.

Mätningar på en butik i Borås [2] visade att kyleffekten i diskarna och kylrummen är oberoende av utomhustemperaturen, men att den har ett direkt samband med den absoluta fuktigheten i rumsluften (latent kyla). Det har också påvisats (bla via CO₂-mätare) att livsmedelsbutiker är så pass otäta att mycket mer uteluft kommer in, än det hygienmässiga behovet. Utifrån driftfallen och dess kylbehov kan kylenergi och kylsystemets elförbrukning beräknas.

RESULTAT OCH SLUTSATSER

Dimensioneringen av kylsystemet och dess komponenter har stor inverkan på systemets energieffektivi-

| NR. | TID PÅ DYGNET | UTOMHUS-TEMPERATUR (°C) | ABSOLUT FUKTIGHET (KG VATTEN/KG LUFT) | KONDENS (DAGPUNKT PÅ KYLBATTERI) | DRIFTTIMMAR (H/ÅR) | DELLAST, ANDEL AV MAX KYLEFFEKT (%) |
|-----|---------------|-------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|--------------------|-------------------------------------|
| 1 | Natt | 3 | Oväsentlig | Nej | 3000 | 20% |
| 2 | Dag | 4 | Låg | Nej | 2000 | 20% |
| 3 | Dag | 6 | Låg | Nej | 1600 | 40% |
| 4 | Dag | 12 | Låg | Ja | 800 | 60% |
| 5 | Dag | 16 | Hög | Ja | 500 | 60% |
| 6 | Dag | 18 | Hög | Ja | 540 | 80% |
| 7 | Dag | 25 | Extremhög | Ja | 260 | 100% |

Tabell 1. Sammanfattning av antagna driftfall för energiberäkning

vitet över året och det är viktigt att dimensionera komponenterna så man får god prestanda för de driftförhållanden som är vanligast förekommande för att nå en så hög systemverkningsgrad som möjligt. Jämfört med det dimensionerande driftsfallet med högst kyllast, som inträffar vid höga utomhus-temperaturer och hög luftfuktighet, har de flesta drifttimmarna för livsmedelskyla ett betydligt lägre kylbehov. Kompressorerna bör således dimensioneras för att ha en hög verkningsgrad för driftfall med låg kyllast, samtidigt som de skall kunna täcka det maximala effektbehovet. Kylaggregat i drift som är överdimensionerade vid låg kyleffekt kommer får bli en lägre förångningstemperatur, det vill säga de "suger ner sig", frekventa on-off-cykler samt driftpunkter utanför sitt arbetsområde. Det leder till lägre SCOP och mindre effektiva system. Man bör därför välja komponenterna som gör det möjligt att anpassa kyleffekten efter behovet, vilket är viktigt för att kunna få ett energieffektivt system när förhållandena varierar över året, beroende på t.ex. växlande utomhustemperatur och luftfuktighet.

De många drifttimmarna under året med lågt kylbehov gör att möjligheten till kapacitetsreglering har en stor inverkan på kylsystems energiprestanda. Variationerna i kylbehov är så kraftiga att dagens varvtalsreglering inte kan uppnå optimal verkningsgrad med få kompressorer. Driftfall med låg kyleffekt får då lågt COP. Flera kompressorer är därför nödvändigt för att kunna effektreglera inom hela kylsystemets arbetsintervall.

Systemaspekterna har större inverkan på systemets energieffektivitet än valet av de enskilda komponenterna. Det är fullt möjligt att få ett kylsystem med mycket låg energiprestanda även om de

enskilda komponenterna och kyldiskarna håller hög klass enligt Ecodesign. I stället är det dimensioneringen av systemet och dess ingående komponenter som är avgörande för att nå hög energieffektivitet. Komponenter har i regel en optimal verkningsgrad inom ett visst driftintervall. Om driftfallet gränsar till att hamna utanför komponenternas arbetsområden brukar verkningsgraden sjunka drastiskt, det är därför viktigt att komponenterna är väl dimensionerade för stabil drift för de driftförhållanden som är vanligast förekommande under året.

Gemensamt för de tre Best Available Technology (BAT)-kylsystem som har undersökts är att de drar nytta av möjligheten att sänka kondenseringstemperaturen, vilket innebär att kompressorerna inte behöver höja trycket lika mycket och därmed drar mindre elenergi. När förångningstemperaturen sjunker och/eller kondenseringstemperaturen stiger sjunker kompressorernas verkningsgrad påtagligt, och därmed ökar deras elförbrukning. I Figur 4 visas påverkan på driftenergin om förångnings- och kondenseringstemperaturen försämras. Om man antar ett system för livsmedelskyla med 10°C lägre förångnings- och 5°C högre kondenseringstemperatur generellt under året leder det till ökade energianvändning på nästan 50%.

Ett centralt budskap i denna artikel är att noggrann dimensionering av kylanläggningarna ofta blir avgörande för energieffektiviteten, vilket inte i sig har med BAT att göra. BAT i kombination med noggrann dimensionering utgör en stor möjlighet då kylanläggningarna ändå måste byggas om, på grund av lagkrav kopplat till f-gasförordningen.