



# AAMMS

Aarhus Maskinmesterskole  
Aarhus School of Marine and Technical Engineering

## Miljøbelastningen i Fakta

COOP & Panasonic Heat and Cooling Solutions

Søren Christian Ammitzbøll – A11044

Bachelor projekt 21.12.2018

# Titelblad

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| <b>Projekttitle:</b>           | Miljøbelastningen i Fakta                               |
| <b>Projekttype:</b>            | Bachelorprojekt   |
| <b>Udarbejdet af:</b>          | Søren Christian Ammitzbøll                              |
| <b>Studienummer:</b>           | A11044  |
| <b>Praktikvirksomhed:</b>      | Panasonic Heat and Cooling Solutions                    |
| <b>Uddannelsesinstitution:</b> | Aarhus Maskinmesterskole                                |
| <b>Projektvejleder:</b>        | Niels Bruun Clausen                                     |
| <b>Afleveringsdato:</b>        | 21. december 2018                                       |
| <b>Omfang:</b>                 | 29 normalsider af 2400 tegn                             |
| <b>Bilag:</b>                  | 11  |
| <b>Forsideillustration:</b>    | <a href="https://www.aams.dk/">https://www.aams.dk/</a> |

## Abstract

This bachelor project deals with how Fakta's stores can improve the environmental impact of each store in a profitable way. The problem definition has been formulated as follows:

**"How is Fakta's CO<sub>2</sub> impact on the environment reduced most profitably?"**.

The purpose has been to illuminate the opportunities that Fakta has for making energy optimizations as profitable way as possible. There were made a consumption analysis on the heat, electricity and a TEWI analysis of the refrigeration system. The consumption shows Fakta's impact on the environmental. The result of that, has been that the refrigeration systems is clearly the greatest influence on the environmental. The conclusion is that according to legislation, that many of the old refrigeration plants must be changed in a short period of time. At the same time, an environmentally solution for switching to a CO<sub>2</sub> refrigeration system will be a good decision. Environmental improvements are then been analyzed in a cost-benefit analysis to find the most profitable and environmental solution. The cost-benefit analysis has been used to analyze whether surplus heat recovery, solar cells or heat pump is the most profitable and environmentally best solution. It became clear that the heat pump solution is clearly the best and the solution that reduces CO<sub>2</sub> emissions most and at the same time has the best payback time.

## Indhold

|   |    |
|---|----|
| Forord.....                                   | 6  |
| Rapportens formål .....                       | 6  |
| Læsevejledning.....                           | 7  |
| 1.    Indledning.....                         | 9  |
| 1.1 Panasonic Heating and Cooling Europe..... | 9  |
| 1.2 Coop.....                                 | 10 |
| 1.3 Problemformulering.....                   | 10 |
| 1.4 Hypotese.....                             | 10 |
| 1.5 Afgrænsning.....                          | 10 |
| 2.    Metode.....                             | 11 |
| 2.1 Videnskabsteori.....                      | 12 |
| 2.2 Metodevalg.....                           | 13 |
| 2.3 Metodekritik.....                         | 14 |
| 2.4 Metode til interview.....                 | 14 |
| 3.    Udfordringer ved kølemidler .....       | 15 |
| Udfasningen af kølemidler.....                | 15 |
| GWP-værdi for kølemidler.....                 | 15 |
| 4.    Fremtidens miljøkrav.....               | 16 |
| 5.    CO <sub>2</sub> som kølemiddel.....     | 18 |
| 6.    Analyse.....                            | 22 |
| 6.1 Varmeforbrug.....                         | 22 |
| 6.2 Elforbruget.....                          | 22 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 6.3   | Det samlet forbrug.....                    | 23 |
| 6.4   | Miljøbelastningen.....                     | 23 |
| 6.5   | Faktas miljøambition.....                  | 29 |
| 6.6   | Del konklusion.....                        | 32 |
| 7.    | Varmepumper .....                          | 33 |
| 7.1   | Virkemåde.....                             | 33 |
| 7.2   | Panasonics varmpumper.....                 | 35 |
| 8.    | Varmegenvindingsløsninger .....            | 36 |
| 8.1   | Intern udnyttelse af overskudsvarme .....  | 36 |
| 8.2   | Ekstern udnyttelse af overskudsvarme ..... | 37 |
| 8.3   | Varmegenvindingspotentiale.....            | 37 |
| 9.    | Cost-benefit-analyse .....                 | 38 |
| 9.1   | Hvad er en Cost-benefit-analyse?.....      | 38 |
| 9.2   | Erkendelsesfasen .....                     | 39 |
| 9.3   | Hvad er ambitionsniveauet?.....            | 40 |
| 9.4   | Fastlæg alternativer.....                  | 40 |
| 9.5   | Costs .....                                | 40 |
| 9.6   | Benefits.....                              | 41 |
| 9.7   | Alternativer .....                         | 42 |
| 9.7.1 | Solcelle løsning .....                     | 42 |
| 9.7.2 | Varmepumpe løsning.....                    | 43 |
| 10.   | Anbefalet løsninger .....                  | 45 |
| 11.   | Konklusion.....                            | 47 |
|       | Perspektivering.....                       | 48 |
|       | Litteraturliste .....                      | 49 |
|       | Figur liste .....                          | 52 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Bilag</b> .....   | 53 |
| <b>BILAG 1</b> (Varme og el Forbrug).....                        | 53 |
| <b>BILAG 2</b> (Mail korrespondance) .....                       | 53 |
| <b>BILAG 3</b> (Fakta byggeprogram februar 2018 foreløbig) ..... | 53 |
| <b>BILAG 4</b> (TEWI-beregning).....                             | 53 |
| <b>BILAG 5</b> (Udledning i procent) .....                       | 53 |
| <b>BILAG 6</b> (Miljødeklarationer 2004-2017) .....              | 53 |
| <b>BILAG 7</b> (PANASONIC).....                                  | 53 |
| <b>BILAG 8</b> (FAKTA GILLELEJE VARMEFORBRUG) .....              | 53 |
| <b>BILAG 9</b> (SOLCELLEANLÆG PRIS).....                         | 53 |
| <b>BILAG 10</b> (FAKTA ENERGIOPTIMERING) .....                   | 53 |
| <b>BILAG 11</b> (DATABLAD PÅ VARMEPUMPE).....                    | 53 |

## Forord

Siden januar 2016 har jeg studeret til maskinmester på Aarhus Maskinmesterskole. Med en baggrund som elektriker, har jeg en praktisk tilgang til at erhverve ny viden gennem teknisk nysgerrighed. Rapporten afspejler mine nyerehvervet kompetencer inden for energioptimering, og teknisk problemløsning.

Udgangspunktet for dette projekt er min bachelorpraktik hos virksomheden Panasonic, samt et sideløbende samarbejde med COOP, der er langt fremme med hensyn til udvikling af varmegenvindingsløsninger, opvarmning, køling og komfort til detailhandlen.

I den forbindelse vil jeg gerne sige tak til Panasonic og medarbejderne for støtte og hjælp gennem projektet.

Derudover skal lyde en meget stor tak til COOP – især til teknisk konsulent, Bendt Dahl, og Technical Asset Manager, Christoffer Grønager.

### Rapportens formål

Desuden har mit mål været at leve op til de foreskrevne krav og rammer for bachelorprojekt, beskrevet i Aarhus Maskinmesterskoles kvalitetssystem 1129-02.

- Identificere maskinmesterprofessionsrelevante problemstillinger.
- Udforme relevante begrundede problemformuleringer eller hypoteser med baggrund i udvalgte problemstillinger.
- Udvælge og anvende egnede projektstyringsteorier samt metoder og videnskabsteorier til gennemførelse af professionsrelevante projekter.
- Formidle problemstillinger, metoder og teorier, relevante data, projektanalyser, diskuterede løsningsforslag og perspektivering i egnede dokumenter (projektrapport).<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Kilde: Undervisningsplan – side 2 -

<https://drive.google.com/drive/folders/11i9782rfhgU56XTTeiwjTeS7AaRC-tGA> - Hjemmeside sidst set den 28-11-2018

## Læsevejledning

Rapporten er opbygget af 10 hovedkapitler. Kapitlerne er lavet for at give overblik, samt at skabe en sammenhæng gennem hele rapporten.

**Kapitel 1:** Indledning – Her fremgår det hvad rapporten kommer til at omhandle, samt problemformulering, hypotese og afgrænsning.

**Kapitel 2:** Metode – Her beskrives de enkle metoder som rapporten udarbejdes ud fra. Derudover forefindes metodevalg til interview og kildehenvisning.

**Kapitel 3:** Udfordringer ved kølemidler – Indledende skriv om kølemidler generelt.

**Kapitel 4:** Fremtidens miljøkrav – Her redegøres for hvilke miljøkrav, der vil være i fremtiden

**Kapitel 5:** CO<sub>2</sub> som kølemiddel – Beskriver fremtidens kølemiddel, der i dette tilfælde er CO<sub>2</sub>, og fordele og udfordringer ved det.

**Kapitel 6:** Analyse af Fakta – En analyse af Faktas el og varme forbrug, samt samlede miljøbelastning og analyse af fokuspunkter i Faktas byggeprogram. Der findes beregninger i bilag. De er tydeligt markeret i de enkelte afsnit.

**Kapitel 7:** Varmepumper – Beskriver virkemåden og fordele ved Panasonics varmpumper.

**Kapitel 8:** Varmegenvindingsløsninger – Udnyttelse af overskudsvarme både internt og ekstern beskrives, samt hvor stort potentialet er.

**Kapitel 9:** Cost-benefit-analyse – Her analyseres, om det kan betale sig at lave varmegenvinding, og hvilke fordele det har både økonomisk og i grøn profilering. Her anvendes resultater fra kapitel 4.

**Kapitel 10:** Min personlige anbefaling til Fakta.

Den endelige konklusion indeholder blandt andet delkonklusioner af alle kapitler og resultater. Rapporten afsluttes med en perspektivering, hvor der bliver perspektiveret over tilføjelser, man kunne have medtaget i rapporten.



## **Referencer og bilag**

Til henvisning af kilder bliver der i denne rapport brugt Harvard standarden. Min fortolkning af metoden er, at alle henvisninger sker under de enkelt afsnit, i form af forfatter og årstal. Når der henvises til noget i teksten, er det markeret med en reference til en fodnote. Kilder til billeder og tabeller vil ligeledes indeholde en reference i billede/tabel tekst til en fodnote. Fodnoten nederst på siden beskriver, hvor kilden findes. Bagerst i rapporten findes en litteraturliste med samtlige kilder. Alle billeder er mærket med nummer i kronologisk rækkefølge visende, hvad illustrationen forestiller. Bagerst i rapporten findes figur liste, hvor kilder fremgår. Alle bilag findes i bilagsliste, og kan findes i den vedhæftet PDF-dokument til denne rapport.

## **Forkortelser**

CFC = Chloro-Fluoro-Carbon

PFC = Perfluorcarboner

HCFC = Hydrofluorcarboner

GWP = Global Warming Potential

ODP = Ozone Depletion Potential

TEWI = Total Equivalent Warming Impact

## 1. Indledning

Dette projekt udspringer af min bachelorpraktik hos Panasonic heating and cooling solution.

Gennem praktikken har jeg været i tæt samarbejde med COOP, hvor jeg har undersøgt flere af deres installationer i nylige renoverede butikker i forhold til deres nye koncepter med hensyn til varmegenvinding og varmepumper fra Panasonic. Derudover er COOPs byggeprogram for Fakta blevet gransket. Her fremgår det, hvordan COOPs vision er på hele miljø - og energiområdet i deres butikker. Men er COOPs vision for fremtiden, den mest rentable og miljørigtige i forhold til behovet og de miljømæssige udfordringerne i fremtiden?

### 1.1 Panasonic Heating and Cooling Europe

Fra starten har det været Panasonics målsætning at udvikle elektronik og skabe værdi for forbrugerne. Nøgleord har været dedikeret og solid arbejdsindsats, hvilket har resulteret i en række innovative elektronikprodukter, der har gjort Panasonic til den store koncern, den er i dag. Panasonic Heating and Cooling Europe er en gren af den store Panasonic koncern, der har aktiviteter i 31 lande. Panasonic Europe støtter sine projekter ved at sikre know how-niveau samt kvalitet gennem hele organisationen. Panasonic har faciliteter såsom træningsakademier for installatører og servicehold i alle større lande, og tilbyder sine samarbejdspartner træning i produkterne. Panasonic arbejder målrettet med at tilbyde innovative produkter til opvarmnings- og kølemarkedet. Panasonic investerer i forskning og udvikling, ligesom man arbejder på at være banebrydende med sine produkter. <sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Kilde: Panasonic - [https://www.aircon.panasonic.eu/DK\\_da/heating-and-cooling/europe/](https://www.aircon.panasonic.eu/DK_da/heating-and-cooling/europe/) - Hjemmesiden sidst set den 27-11-2018

## 1.2 Coop

COOP har fået sit navn, på grund af, at det er en kooperativ virksomhed, der er eget af kunderne. Det betyder i alt sin enkelthed, at i COOP laves der ikke stor profit til aktionærerne. Det handler derimod om at skabe værdi til medlemmerne<sup>3</sup>. Medlemmerne i dette tilfælde er kunder. COOP er en stor virksomhed, der i alt består af knap 1200 butikker. En stor del af dem er eget af COOP Danmark, samt en række brugsforeninger. Af disse 1200 butikker udgør Fakta den største del med i alt 420 butikker<sup>4</sup>. Fakta er COOPs discount brand.

## 1.3 Problemformulering

**Hvordan sænkes Faktas CO<sub>2</sub> belastning af miljøet bedst miljømæssigt og rentabelt?**

## 1.4 Hypotese

*Varmegenvinding er for at fremstå som miljøbevidste, og ikke rentabelt.*

## 1.5 Afgrænsning

Rapporten vil undersøge CO<sub>2</sub> forbruget i en Fakta butik, ud fra køleanlæg, varmeforbrug samt elforbrug fra gennemsnitsværdier af 4 butikker. Fakta har i alt 420 butikker. Analysen udarbejdes således ud fra ca. 1% af antallet af butikker, hvilket vurderes til at være tilstrækkeligt set ud fra et overordnet perspektiv.

Udarbejdelse af forløb for installering af eventuelle forbedringer i form af optimeringer til varmegenvinding og varmepumper er ikke taget med, idet projekts omfang da bliver for stort.

Der vil ikke blive taget hensyn til vedligeholdelse i denne rapport, da dette er svært at estimere helt præcist. Desuden vil der være usikkerheder i forbindelse med forskelle på køleanlæg, og hvor hyppigt fejl og nedbrud vil forekomme, men dette vil ikke have indflydelse på det samlede resultat i rapporten.

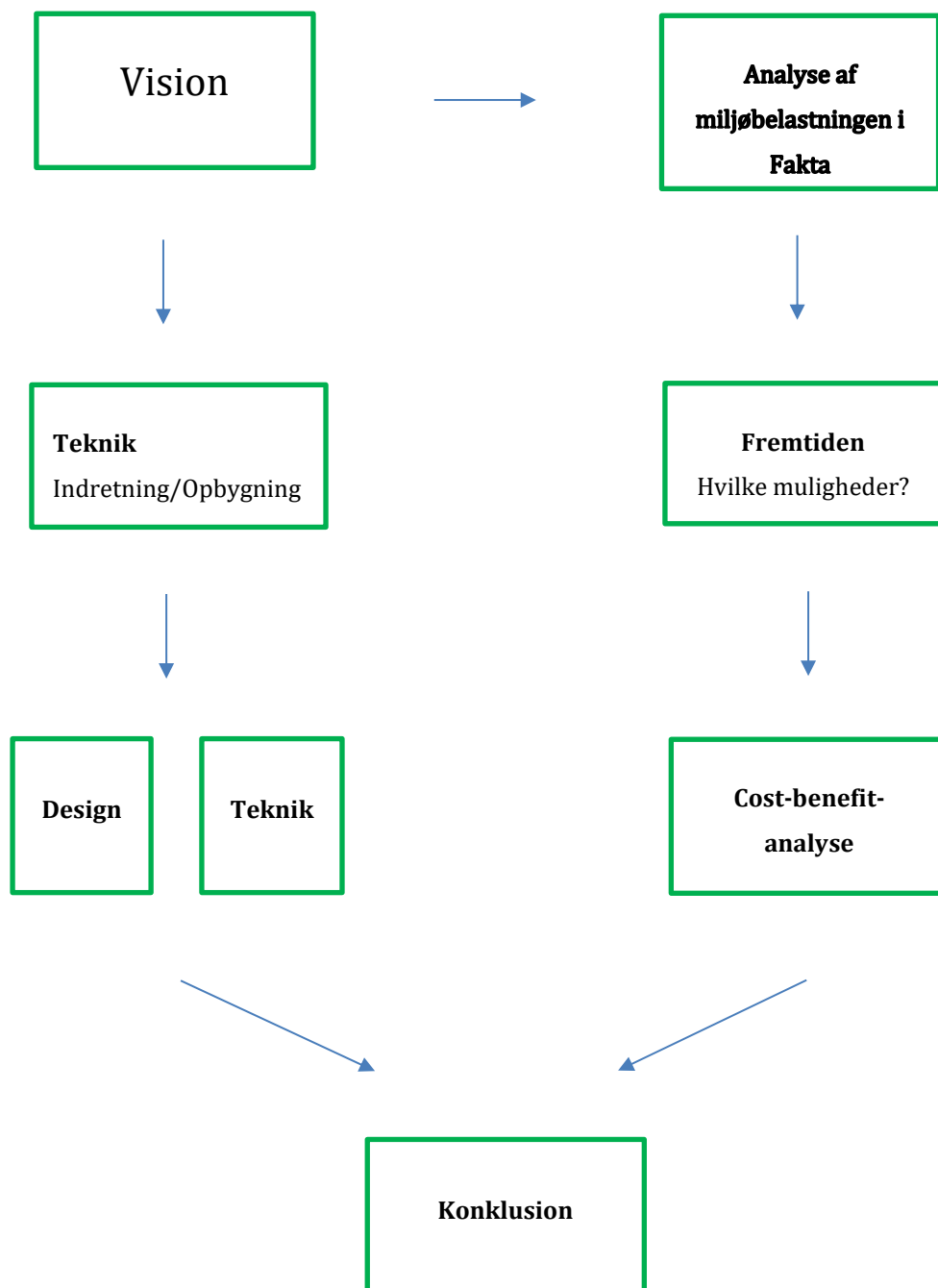
---

<sup>3</sup> Kilde: COOP - <https://om.coop.dk/koncern/historie.aspx> - Hjemmesiden sidst set den 27-11-2018

<sup>4</sup> Kilde: Fakta - <https://om.coop.dk/koncern/vores+butikker/fakta.aspx> - Hjemmesiden sidst set den 27-11-2018

## 2. Metode

Metoden er det redskab, der bruges til at analysere problemformuleringen, og besvarelsen af denne i konklusionen. Ved udarbejdelsen af en rapport, er det nødvendigt at tage nogle metodiske valg. Disse valg skal underbygge, at rapporten bliver mest mulig valid. Nedenfor ses en oversigt over opbygningen af rapporten. I de efterfølgende afsnit beskrives de videnskabsteoretiske metodevalg, der kan tages. Det præciseres, hvilke valg, der er truffet i denne rapport.



## 2.1 Videnskabsteori

Inddragelsen af videnskabsteori er for at give projektet et acceptabelt videnskabeligt niveau. Det handler dermed om der skal være sammenhæng mellem metodevalg og teoriinddragelse. Videnskabsteori er en filosofisk disciplin i sig selv, projektarbejdet skal derfor reflektere over, hvad det vil sige at have skabt ny viden.<sup>5</sup>

### **Positivism & Hermeneutik**

Positivismen er knyttet til naturvidenskaben, der bygger på den holdning, at viden kommer ud fra det, vi kan se, høre, måle og veje. Positivismen er den metodiske observation af virkeligheden set ud fra et videnskabeligt synspunkt. Det er en videnskabelig metode, der arbejder på at fjerne den usikkerhed, der kan forekomme af menneskets egen intuition. Hermeneutikken derimod, er menneskets egen fortolkning og opfattelse af resultaterne. Det er derfor en subjektiv anvendelsesform. Anvendelse af denne metoden betyder, at resultatet bliver meget afhængelig af undersøgerens fortolkning.<sup>6</sup>

### **Induktion & Deduktion**

Ved videnskabelige metodevalg skelnes ofte mellem to forskellige analysemetoder. Induktiv analyse og Deduktiv analyse.

Ved anvendelse af den induktiv analyseform, kan det populært udtrykkes, at der observeres på særtilfælde og konkluderes generelt. Usikkerheden ved denne metode er, at man ikke kan være helt sikker på resultatet, da man oftest ikke kan observere 100 % af særtilfælde. Der vil altid være en usikkerhed. (Meningsmålinger for eksempel).

Ved den deduktive analyseform observeres ud fra nogle generelle præmisser, og der konkluderes i et særtilfælde. Usikkerheden ved denne metode er, at man skal være 100% sikker på, at ingen af præmisserne, man konkluderer ud fra, er falske. Er dette tilfældet, bliver konklusionen også falsk.<sup>7</sup>

---

<sup>5</sup> Kilde: Videnskabsteori - <https://www.kdm.aau.dk/studiehaandbog/projektrapporten/videnskabsteori/> - Hjemmesiden sidst set den 11-12-2018

<sup>6</sup> Kilde: Hermeneutik og Positivism - <http://hvadvilduvide.dk/metode/videnskabsteori/> - Hjemmesiden sidst set den 27-11-2018

<sup>7</sup> Kilde: Induktion og deduktion - <http://hvadvilduvide.dk/metode/videnskabsteori/> - Hjemmesiden sidst set den 27-11-2018

## **Validitet & Reliabilitet**

Når der skabes videnskabsteori, er validitet og reliabilitet to begreber, man ikke kan komme uden om. Begreberne bruges til at beskrive kvaliteten af den undersøgelse, der er lavet. Validiteten er gyldigheden af det undersøgte. Hvorvidt der er blevet undersøgt det, der er beskrevet i problemformuleringen. Reliabiliteten er pålideligheden af de data man er kommet frem til, samt kvaliteten af dem.<sup>8</sup>

## **Kvalitativ & Kvantitativ**

De kvalitative metoder benyttes til at måle og veje svært målbare data. Det kan f.eks. være følelser, der kommer til udtryk i et interview, og derfor kan have et empiriske snævert grundlag. Anvendelse af den Kvalitativ metode er en god måde at komme i dybden med en problemstilling.

Den Kvantitative metode er anvendelig til håndtering af tal eller store mængder data. Det kan være data, der indsamles til udarbejdelse af tabeller og statistikker. Med denne metode standardiseres og generaliseres de rå data.<sup>9</sup>

### 2.2 Metodevalg

For at besvare den opstillede problemformulering, skal der indsamles viden. Den viden bliver indsamlet i form af mailkorrespondancer som behandles som interview, med relevante og systematisk udvalgte fagpersoner. De kvalitative data, der bliver tilegnet gennem interviews, blive behandlet deduktivt.

Den indsamlede empiri samt positivistiske data skal analyseres, for at kunne besvare spørgsmålene i problemformuleringen. Der er anvendt litteratur til teoretisk skriv om kølemidler, køleanlæg og varmepumper.

Den samlede konklusion skal udmunde i et samlet gennemsnits CO<sub>2</sub> forbrug for en Fakta butik udregnet ud fra kvantitative data fra 4 butikker.

Derudover vil der foreligge en Cost-benefit-analyse af, om det er rentabelt at investere i miljømæssige optimeringer af butikken.

---

<sup>8</sup> Kilde: Validitet & Reliabilitet - <http://hvadvilduvide.dk/metode/validitet-og-reliabilitet/> - Hjemmesiden sidst set den 27-11-2018

<sup>9</sup> Kilde: Kvalitative & Kvantitative - <http://hvadvilduvide.dk/metode/validitet-og-reliabilitet/> - Hjemmesiden sidst set den 27-11-2018

## Metode til udregning af virksomhedens energiforbrug

Undersøgelse af en Fakta butiks forbrug, vil ske som en positivistisk kvantitativ analyse af gennemsnittets forbruget til varme og el i 4 Fakta butikker. Dertil udarbejdes en TEWI-analyse af køleanlægget for en Fakta butik. Formålet er at dokumentere CO<sub>2</sub> udslippet for køleanlægget, og at kunne sammenligne med alternativt anlæg.

### 2.3 Metodekritik

Da projektet vil blive løst ud fra problemformulering, kan metodevalget anses for at være troværdigt. Der kan dog sås tvivl om pålideligheden, i de mange kvalitative indsamlede data gennem interviews. For at underbygge reliabiliteten, foretages inddragelse af lovgivning, for at underbygge det kvalitative interviews med en kvantitativ lovgivning. Det er klart at de kvantitative data, der er blevet indsamlet, kommer gennem kvalitative metoder, må regnes for at være valide. Reliabiliteten kunne have været større, hvis der var indsamlet større mængde data end for 4 butikker. Det er dog ikke fundet nødvendig for at besvare problemformuleringen.

### 2.4 Metode til interview

For at kunne udføre ensartede interviews opstilles nogle retningslinjer med henblik på at øge validiteten og reliabiliteten.

Før interview skal der forberedes spørgsmål. Det er i den forbindelse vigtigt at bruge åbne spørgsmål, der ikke kan besvares med JA/NEJ svar. Spørgsmålene skal være udformet i et klart og enkelt sprog.

Det er vigtigt, at interviewerens møder fordomsfri og åben til interviewet. Intervieweren skal være opmærksom på ikke gennem viden og forforståelse at påvirke den interviewedes udsagn. Under og efter seancen skal der følges op på svarene. Det kan gøres i form af spørgsmålene: "Vil det så sige, at?" eller "skal jeg forstå, det du siger, på den måde...?". Alt sammen med henblik på så præcist som muligt at konkludere eller finde essensen i den undersøgte problematik.

I dette projekt vil interviewmetoden ligeledes blive brugt i forbindelse med mailkorrespondancen. Alt mailkorrespondance er nedfældet i et bilag, og vil der blive refereret til løbende i rapporten.

### 3. Udfordringer ved kølemidler

#### Udfasningen af kølemidler

Det er fundet nødvendigt for at forstå rapporten at indlede med en generel beskrivelse af kølemidler.

På grund af reguleringer på området fra myndighederne side, har man haft fokus på at udfase kølemidler med stor miljøbelastning CFC'er og HCFC'er (freon), der har stort drivhus - og ozonlagseffekt. Dette betyder, at de i dag ikke længere anvendes i nye anlæg. Flere steder er CFC'erne blevet erstattet af de klorinfri HFC-gasser som kølemiddel. Hvilket imidlertid kun er en midlertidig løsning, da de har en relativ stor GWP-værdi. Både EU og de danske myndigheder ønsker at erstatte HFC-gasserne med mere langsigtet og klimavenlige naturlige kølemidler.<sup>10</sup>

#### GWP-værdi for kølemidler

GWP-værdien (Global Warming Potential) for kølemidler er et udtryk for, hvor stor en miljøvirkning det enkelte kølemiddel har på den globale opvarmning over en periode på 100 år. GWP-værdien angiver hvor stor drivhuseffekten er af det enkelt stof sammenlignet med drivhuseffekten fra udledning af 1 kg CO<sub>2</sub>. Hvis et kølemiddel har en GWP-værdi på 2500, betyder det at udledning af 1 kg af det pågældende stof påvirker drivhuseffekten svarende til påvirkningen af drivhuseffekten fra udledningen af 2500 kg CO<sub>2</sub>.<sup>11</sup>

---

<sup>10</sup> Kilde: Udfordringer ved kølemidler - <http://xn--klemidler-18a.dk/om-koelemidler/miljoeffekt-af-koelemidler/> - Hjemmeside sidst set den 27-11-2018

<sup>11</sup> Kilde: GWP-værdi for kølemidler - <http://xn--klemidler-18a.dk/om-koelemidler/miljoeffekt-af-koelemidler/> - ca. midt på siden - Hjemmeside sidst set den 27-11-2018



## 4. Fremtidens miljøkrav

I dette afsnit belyses det, hvilke udfordringer og krav der er til kølemidler. Der er ud fra metode afsnittet kun valgt at se på de europæiske love og regler på området.

De fluorholdige drivhusgasser er problematiske for miljøet, fordi de bidrager til klimaforandringerne. Kølemidlerne er en stærkt medvirkende faktor til den globale opvarmning, fordi stofferne er i stand til at holde varmemestrålingen fra jordens overflade tilbage i atmosfæren. De er derfor en lille del af de samlede drivhusgasser. HFC har i mange år været et kendt kølemiddel og anvendes eller har været anvendt mange steder. I samme kategori findes også PFC. Da stofferne er omfattet af Kyoto-protokollen, forefindes der en international aftale om at reducere udslippet af stofferne til atmosfæren. EU-landene har forpligtet sig til at reducere emission af drivhusgasserne, derudover har Danmark sin egen nationale målsætning med endnu strengere krav.<sup>12</sup>

Europa-Parlamentets og Rådets Forordning (EU) Nr. 517/2014 omhandler fluorholdige drivhusgasser og om ophævelser af regler fra (EF) nr. 842/2006.

Fluorholdige gasser kan betegnes som menneskeskabte gasser. Det er gasser som bidrager til den globale opvarmning, ved at den bliver hængene i atmosfæren i århundreder, de mest almindelige typer er hydrofluorcarboner (HFC) og perfluorcarboner (PFC).

I alt sin enkelthed omhandler kravene i 517 regler for at beskytte miljøet, ved at reducere emissionerne af fluorholdige drivhusgasser. Reglerne sætter rammerne for anvendelse, tilslutning, genvinding samt destruktion af fluorholdige drivhusgasser. Derudover indeholder den betingelser for markedsføring af udstyr, anlæg og produkter som er afhængelige af fluorholdige drivhusgasser.

- Pr. den 1. januar 2017 måtte køle/varme anlæg der er påfyldt hydrofluorcarboner ikke markedsføres mere.
- Pr. den 1. januar 2020 er det forbudt at:
  - Anvende fluorholdige drivhusgasser med et GWP på 2500 eller derover til vedligeholdelse af store fyldningsanlæg på over 40 tons CO<sub>2</sub> eller derover.<sup>13</sup>

---

<sup>12</sup> Kilde: Regler og fortolkninger - <https://mst.dk/kemi/kemikalier/fokus-paa-saerlige-produkter/koelemidler/> - Hjemmeside sidst set den 27-11-2018

<sup>13</sup> Kilde: EU-lovgivning - <http://xn--klemidler-l8a.dk/regler-og-lovgivning/> - Under fanen Europæisk lovgivning de først 2 afsnit - Hjemmeside sidst set den 27-11-2018

Dette er blot et udkast af de stramninger, der kommer de næste år. Dette understreger nødvendigheden af at finde alternativer til de gamle anlæg, der skal udskiftet i fremtiden. Her er de naturlige kølemidler en kæmpe fordel, da de stort set ikke har en negativ effekt på den globale opvarmning. Dog kan der være andre udfordringer, hvis kølemidlet skal tilpasses et allerede eksisterende anlæg. Danmark har i mange år været foregangsland for udvikling og brug af de naturlige kølemidler i køleanlæg. Tidligere var propan (HC'er) tiltænkt en større rolle, men udviklingen har ændret sig og samlet sig meget om CO<sub>2</sub>, som nu er standard i rigtig mange supermarkeder og andre industrielle køleanlæg.<sup>14</sup> Det har derfor givet anledning til at se nærmere på CO<sub>2</sub> som kølemiddel. Det bliver beskrevet nærmere i det efterfølgende afsnit.

---

<sup>14</sup> Kilde: Naturlige kølemidler - <http://xn--klemidler-18a.dk/om-koelemidler/naturlige-koelemidler/> - afsnit 3 – Hjemmeside sidst set den 27-11-2018

## 5. CO<sub>2</sub> som kølemiddel

I disse år er der meget opmærksomhed omkring miljøbelastningen for kølemidler og deres anvendelse i både eksisterende og nye køleanlæg. Udfasningen af kølemidler med stor miljøbelastning er derfor stor i disse år.

### Baggrund

CO<sub>2</sub> er på ingen måde et nyt kølemiddel. CO<sub>2</sub> har været brugt siden slutningen af det 19. århundrede. Omkring 2. verdenskrig brød de syntetiske kølemidler igennem. Derefter blev CO<sub>2</sub> relativt hurtig udfaset til fordel for blandt andet ammoniak. CO<sub>2</sub> blev mere eller mindre udfaset fra 1950-1960 og frem. Det skyldtes primært det høje tryk, at andre kølemidler blev foretrukket. Da man fra 1990'erne begyndte at have fokus på miljøet, stod det klart, at de fluorholdige CFC-kølemidler havde en ødelæggende effekt på ozonlaget, samt at både HCFC – og HFC-kølemidler bidrog til den globale opvarmning. Det var ellers de kølemidler, man havde tænkt skulle erstatte CFC. Samtidigt blev der indført strammere krav for mængden af ammoniak i anlæggene, hvilket for alvor satte skub i CO<sub>2</sub> tankerne igen.<sup>15</sup>

### Grænser og muligheder

CO<sub>2</sub> som kølemiddel skiller sig ud på en række punkter sammenlignet med andre kølemidler, hvilket gør at anlæggene skal opbygges på en anden måde. Men til trods for det, er gevinsten ved CO<sub>2</sub> ikke til at komme udenom.

Hvis der analyseres på kølemidler som for eksempel Ammoniak, vil man ikke under normale forhold ramme nogle grænseværdier. Dette skyldes, at de fleste køleanlæg ved kondensering og fordampning arbejder langt fra kølemidlernes grænseværdier, hvilket har den bedste virkningsgrad og største effekt.<sup>16</sup>

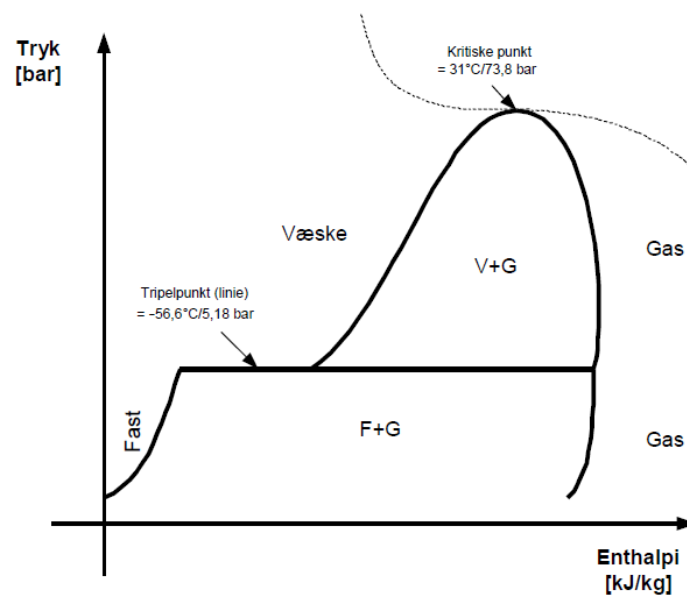
---

<sup>15</sup> Kilde: Baggrund – Lund, Thomas - CO<sub>2</sub>-systemer Januar 2007 – side 3 - <http://xn--klemidler-l8a.dk/linux85.wannafindserver.dk/wp-content/uploads/2016/12/Designmanual-CO2-systemer-rev2-1.pdf> - Hjemmeside sidst set den 27-11-2018

<sup>16</sup> Kilde: Grænser og muligheder – Lund, Thomas - CO<sub>2</sub>-systemer Januar 2007 – side 4 - <http://xn--klemidler-l8a.dk/linux85.wannafindserver.dk/wp-content/uploads/2016/12/Designmanual-CO2-systemer-rev2-1.pdf> - Hjemmeside sidst set den 27-11-2018

Hvis man derimod kigger på CO<sub>2</sub>, forholder det sig helt anderledes. CO<sub>2</sub> opfører sig meget anderledes i forhold til andre kølemidler. Det skyldes, at de grænseværdier for tryk - og temperaturforhold CO<sub>2</sub> arbejder under, ligger i de kritiske områder for normale køleanlæg.

Toppunktet i "klokken", der ses på figur 1, kaldes "Det kritiske punkt". Hvis tryk og temperatur overstiger dette, kan kondensering og fordampning ikke finde sted. Området kaldes det superkritiske område, hvor overgangen mellem gas og væske ikke findes finere. Som det fremgår af figuren, vil der være en glidende overgang mellem et fluid med gasgenskaber og et fluid med væskegenskaber. Tilsvarende det superkritiske punkt, findes et tripelpunkt nederste i diagrammet. Det punkt indikerer, at alle 3 faser er tilstede (gas/væske/fast). Som det ses på nedenstående Figur 1, Kritiske punkt, er punktet ikke et punkt i log(P)-H diagrammet, men en linje. Under den linje kan tripelpunktstrykket ikke optræde på væskeform, men kun som enten gas eller fast stof.<sup>17</sup>



Figur 1, Kritiske punkt<sup>18</sup>

<sup>17</sup> Kilde: Kritiske punkt - – Lund, Thomas - CO<sub>2</sub>-systemer Januar 2007 – side 5 - <http://xn--klemidler-18a.dk/linux85.wannafindserver.dk/wp-content/uploads/2016/12/Designmanual-CO2-systemer-rev2-1.pdf> - Hjemmeside sidst set den 27-11-2018

<sup>18</sup> Kilde: Kritiske punkt - – Lund, Thomas - CO<sub>2</sub>-systemer Januar 2007 – side 5 - <http://xn--klemidler-18a.dk/linux85.wannafindserver.dk/wp-content/uploads/2016/12/Designmanual-CO2-systemer-rev2-1.pdf> - Hjemmeside sidst set den 27-11-2018

Disse fænomener gælder for alle stoffer, som benyttes til kølemidler. Dog er det som nævnt ikke noget man tillægger særlig opmærksom ved andre kølemidler, da deres grænseværdier ligger langt fra driftsværdierne, som det fremgår af nedenstående skema i figur 2.

| Kølemidler              | Tripelpunkt temperatur i °C | Tripelpunkt tryk i bar | Kritiske punkt temperatur i °C | Kritiske punkt tryk i bar |
|-------------------------|-----------------------------|------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| R22 (HCFC)              | -157,4                      | 0,000006               | 96,2                           | 49,9                      |
| R134a (HFC)             | -103,3                      | 0,004                  | 101,1                          | 40,6                      |
| R717 (Ammoniak)         | -77,6                       | 0,006                  | 132,3                          | 113,3                     |
| R744 (CO <sub>2</sub> ) | -56,6                       | 5,2                    | 31,1                           | 73,8                      |

Figur 2<sup>19</sup>, Egen konstruktion

Som det fremgår af figur 2, er det tydeligt, at de sædvanlige kølemidler opererer langt over tripelpunktet, hvor man i normaldrift aldrig vil komme i nærheden af dette. Men med CO<sub>2</sub> derimod er det muligt at komme ned på tripelpunktet. Det samme gør sig gældende for det kritiske punkt, hvilket næsten er uopnåeligt, i hvert fald under normal drift, for de sædvanlige kølemidler. Her kan det lade sig gøre for CO<sub>2</sub> med en kondenseringstemperatur på 31,1 °C. Derfor er det nødvendigt med ekstra omtanke ved anvendelse af CO<sub>2</sub>, da det er et højtrykskølemiddel. Dette sammenholdt med risikoen for at nå det kritiske punkt og tripelpunktet, giver anledning til eftertanke og omhu. Til gengæld er gevinsten så stor, at det opvejer de udfordringer og problemstillinger CO<sub>2</sub> skaber i forhold til fx ammoniak.<sup>20</sup>

<sup>19</sup> Kilde: Tripelpunkt - Lund, Thomas - CO<sub>2</sub>-systemer Januar 2007 – side 5 - <http://xn--klemidler-l8a.dk/linux85.wannafindserver.dk/wp-content/uploads/2016/12/Designmanual-CO2-systemer-rev2-1.pdf> - Hjemmeside sidst set den 27-11-2018

<sup>20</sup> Kilde: Tripelpunkt - Lund, Thomas - CO<sub>2</sub>-systemer Januar 2007 – side 5 - <http://xn--klemidler-l8a.dk/linux85.wannafindserver.dk/wp-content/uploads/2016/12/Designmanual-CO2-systemer-rev2-1.pdf> - Hjemmeside sidst set den 27-11-2018

## Miljø

CO<sub>2</sub> er overvejende en drivhusgas, som bidrager til den globale opvarmning. Men ved anvendelse af CO<sub>2</sub> som kølemiddel er situationen en anden. CO<sub>2</sub> bliver ikke produceret til brug i køleanlæg, men er et biprodukt fra blandt andet afbrænding af fossile brændstoffer, gæringsprocesser fra bryggerier og forskellige kemiske processer. En del CO<sub>2</sub> opsamles fra disse processer og anvendes blandt andet i køleanlæg. Men en del CO<sub>2</sub> slippes ud i atmosfæren.

Generelt, når der drøftes miljøspørgsmål på køleanlæg, tales der om ODP og GWP. ODP, Ozone Depletion Potential, er et udtryk for, hvor skadeligt kølemidlet er på ozonlaget. I Figur 3 se eksempler på, hvor skadelige de enkelte kølemidler er.

Der kan argumenteres for at GWP på CO<sub>2</sub> burde være nul, da det allerede er et biprodukt og ville være produceret uanset hvad. Men man har valgt at benævne det 1. Som det fremgår, er CO<sub>2</sub> klart et af de bedste kølemidler set ud fra et miljømæssigt perspektiv. Ammoniak, propan, Ethan og ætylen er alle naturlige kølemidler ligesom CO<sub>2</sub>. Men anvendelse af disse indeholder en række andre problemer. Ammoniak er giftigt. De sidste 3 er eksplosive, hvilket gør det dyrt og meget besværligt at håndtere i køleanlæg.<sup>22</sup>

| Kølemidler             | ODP  | GWP  |
|------------------------|------|------|
| R11 (CFC)              | 1    | 4000 |
| R22 (HCFC)             | 0,05 | 1700 |
| R134a (HFC)            | 0    | 1300 |
| R404A (HFC)            | 0    | 4540 |
| R717                   | 0    | 0    |
| CO <sub>2</sub> (R744) | 0    | 1    |

Figur 3<sup>21</sup>, ODP & GWP,  
Egen konstruktion

<sup>21</sup> Kilde: ODP & GWP - Lund, Thomas - CO<sub>2</sub>-systemer Januar 2007 – side 6 - <http://xn--klemidler-l8a.dk/linux85.wannafindserver.dk/wp-content/uploads/2016/12/Designmanual-CO2-systemer-rev2-1.pdf> - Hjemmeside sidst set den 27-11-2018

<sup>22</sup> Kilde: Miljø - Lund, Thomas - CO<sub>2</sub>-systemer Januar 2007 – side 6-7 - <http://xn--klemidler-l8a.dk/linux85.wannafindserver.dk/wp-content/uploads/2016/12/Designmanual-CO2-systemer-rev2-1.pdf> - Hjemmeside sidst set den 27-11-2018

## 6. Analyse

Til analyse af miljøbelastningen i Fakta, er forbruget i 4 Fakta butikker blevet undersøgt. Efterfølgende er fundet et gennemsnits el - og varmekonsum, der anvendes i resten af rapporten. Yderligere undersøges det, hvad Faktas eget byggeprogram foreskriver i forhold til renoveringer og opførelse af nye butikker.

### 6.1 Varmeforbrug

Undersøgelsen viser, at det samlede årlige gennemsnits kWh forbrug til varme er 24.694 kWh.<sup>23</sup> Technical Asset Manager, Christoffer Grønager, COOP, oplyser, at Faktas udgift pr. kWh er 60 øre for fjernvarmekonsum.<sup>24</sup> Det betyder, at den årlige varmeregning for Fakta er:

$$\text{Årsforbrug} = 24.694 * 0,60 = 14.817 \text{ kr}$$

### 6.2 Elforbruget

Det gennemsnitlige kWh forbrug til el er beregnet til 237.039 kWh pr. år.<sup>25</sup> Det er af Technical Asset Manager, Christoffer Grønager fra COOP oplyst, at der betales 70 øre/kWh, når el-energien bruges til proces, da der i så fald ikke betales afgift.<sup>26</sup> Hvis derimod el-energien anvendes til komfort, betales 1,70 kr./kWh. Et eksempel på komfort kunne være, hvis energien for eksempel anvendes til ventilationsanlægget. Christoffer Grønager oplyser, at Fakta ikke betaler afgift. Prisen er derfor 70 øre/kWh.

Det betyder at den årlige varmeregning for Fakta er:

$$\text{Årsforbrug} = 237.039 * 0,70 = 165.927 \text{ kr.}$$

---

<sup>23</sup> Kilde: **BILAG 1** (Varme og el Forbrug)

<sup>24</sup> Kilde: **BILAG 2** (Mail korrespondance) – side 5

<sup>25</sup> Kilde: **BILAG 1** (Varme og el Forbrug)

<sup>26</sup> Kilde: **BILAG 2** (Mail korrespondance) – side 5

### 6.3 Det samlede forbrug

*Samlet forbrug = varmekonsumtion + elforbrug*

*Samlet forbrug = 14.817 + 165.927 = 180.744 kr.*

### 6.4 Miljøbelastningen

En af rapportens formål, er at kortlægge den samlede miljøbelastning fra en Fakta butik. Miljøbelastning vil blive beregnet ud fra tre parametre. For det første miljøbelastningen ved anvendelse af fjernvarme, derudover belastningen fra den el, der anvendes i butikken. Den sidste faktor er belastning fra køleanlægget, der udarbejdes ud fra en TEWI-beregning.

#### **Miljøbelastningen på fjernvarme**

Ifølge danskfjernvarme.dk fremgår det, at CO<sub>2</sub> belastningen gennem de sidste to årtier er faldende. I 2004 udledte det danske fjernvarmenet 240,8 kg CO<sub>2</sub> pr. MWh. Det tal er reduceret med 20 % på 10 år til bare 190,8 kg per MWh. Dette skyldes især den store fleksibilitet, der er opstået som følge af den grønne udvikling, hvor især sol, halm og skovflis i stigende grad anvendes. Faktisk spiller biomasse i dag en stor rolle i fjernvarmebilledet med en andel på 34 % af brændselselementerne i fjernvarmen.<sup>27</sup>

De 190,8 kg per MWh er naturligvis et gennemsnit på landsplan, men vil være det grundlag der arbejdes videre med i rapporten.

Den samlede belastning på miljøet for fjernvarme i en Fakta butik bliver således:

*Samlet CO<sub>2</sub> belastning for fjernvarme pr. år = 24.694 \* 0,191 = 4717 kg CO<sub>2</sub>*

#### **Miljøbelastningen på el**

Ud fra Miljødeklarationer 2004-2017, der er retningslinjerne for miljødeklarationen for el, fremgår det, at belastningen er 191 g/kWh CO<sub>2</sub> på miljøet i 2017.<sup>28</sup> Rapporten tager højde for,

---

<sup>27</sup> Kilde: Fjernvarme CO<sub>2</sub> udledning – Sørensen, Torben Øllegaard - <https://www.danskfjernvarme.dk/nyheder/nyt-fra-dansk-fjernvarme/arkiv/2014/141223fjernvarmens-co2udledning-falder-og-falder> - Hjemmeside sidst set den 27-11-2018

<sup>28</sup> Kilde: **BILAG 6** (Miljødeklarationer 2004-2017)



om el er produceret ved kraftværk, sol, vind osv. Det er derfor et gennemsnit af alle de faktorer sammenholdt med, om el er importeret fra Sverige, Norge eller Tyskland.

$$\text{Samlet CO}_2 \text{ belastning for el pr. år} = 237.039 * 0,191 = 45.274 \text{ kg CO}_2$$

### TEWI-beregning på køleanlægget

Når man analyserer udledningen af CO<sub>2</sub> fra et køleanlæg, består den af to dele, den indirekte udledning og den direkte udledning. Den indirekte er selve anlæggets energiforbrug, der anvendes til drift. Den direkte er udledning fra kølemidler, der benyttes i anlægget. Den samlede udledning af disse to kilder for et køleanlæg danner grundlag for den globale opvarmningseffekt også kaldet TEWI (Total Equivalent Warming Impact). TEWI-værdien kan beregnes på følgende måde:

|               |   |                                       |   |                               |
|---------------|---|---------------------------------------|---|-------------------------------|
| <b>Lækage</b> | + | <b>Genvindingstab</b>                 | = | <b>Energiforbrug</b>          |
| (GWP x L x n) | + | (GWP x m [1 - <sup>a</sup> recovery]) | = | (n x E <sub>annual</sub> x β) |

GWP = Global Warming Potential [CO<sub>2</sub> - relateret i henhold til IPCC IV]

L = Lækagerate pr. år [kg]

<sup>a</sup>recovery = Genvindingsfaktor

n = Systemets driftstid [år]

E<sub>annual</sub> = Årligt energiforbrug [kWh]

M = Kølemiddelfyldning [kg]

β = CO<sub>2</sub> -udledning pr. kWh [Energi-mix]

Lækage og genvindingstab står for den direkte påvirkning af den globale opvarmning, mens energiforbruget står for den indirekte.

Flere eksisterende køleanlæg, kører med problematiske gasser, hvilket er forbundet med stor drivhuseffekt. Dette finder sted til trods for, at der findes mere klimavenlige alternativer, der mere eller mindre kunne erstatte kølemidlerne direkte. Men selv om de alternative gasser, på grund af lavere afgifter, er billigere i indkøb og service, sker udskiftningen ikke. Årsagen er, at den direkte CO<sub>2</sub> udledning mindskes betydeligt ved at skifte til et kølemiddel med bedre og lavere GWP. Men der er stor risiko for, at energiforbruget til at drifte anlægget er så stort, at den

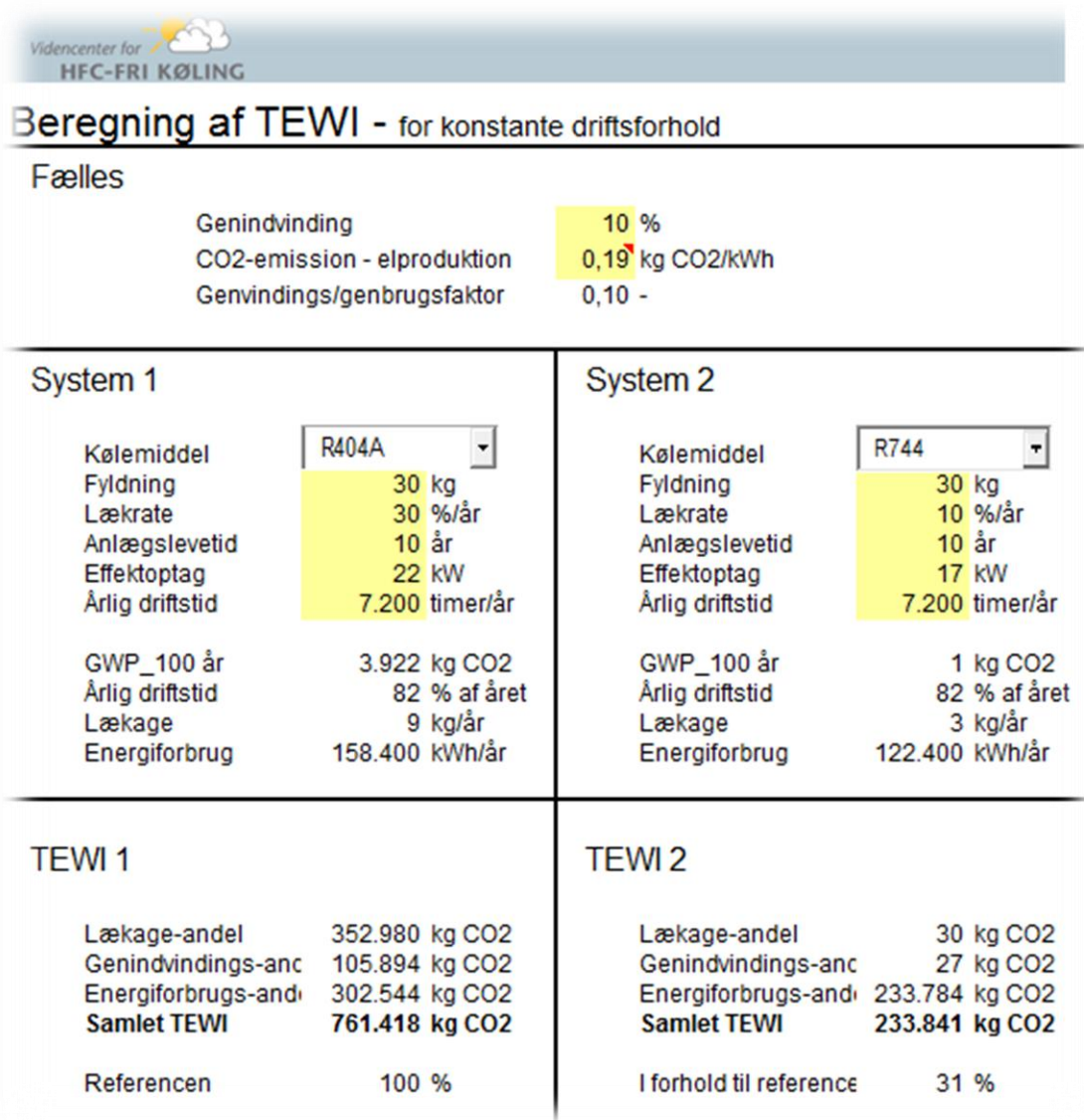
samlede CO<sub>2</sub> udledning forøges i stedet for at mindskes. Det kan derfor godt betale sig at indhente god rådgivning på området og have styr på sin TEWI-faktor, der er afgørende for den samlede CO<sub>2</sub> reducereing.<sup>29</sup>

TEWI-beregningen skal fastslå, hvor stor CO<sub>2</sub> udledningen køleanlægget har i en Fakta butik. Der sammenlignes med CO<sub>2</sub> som kølemiddel, da dette kunne være et muligt alternativ til fremtidig udskiftning af det eksisterende kølemiddel. TEWI-beregningen er udarbejdet i samarbejde med Technical Asset Manager, Christoffer Grønager fra COOP. TEWI-beregningen, der kan findes som et Excel ark, der er udarbejdet til formålet, er tilgængelig på [koelemidler.dk](http://koelemidler.dk).<sup>30</sup> Beregning er lavet med udgangspunkt i kølemidlet R404A, der er et HFC-kølemiddel, der typisk anvendes i Fakta butikkerne i dag. Resultatet fremgår af Figur 4, TEWI-beregning nedenunder.

---

<sup>29</sup> Kilde: TEWI – starter i bunden - <http://xn--klemidler-l8a.dk/om-koelemidler/miljoeffekt-af-koelemidler/> - Hjemmeside sidst set den 27-11-2018

<sup>30</sup> Kilde: TEWI Excel ark – link ligger i bunden på siden - <http://xn--klemidler-l8a.dk/vaerktoejer/nyttige-regneark/> - Hjemmeside sidst set den 27-11-2018



Figur 4, TEWI-beregning<sup>31</sup>

Som det fremgår af udregningen, reduceres CO<sub>2</sub> udslippet med 69 % grundet den lavere GWP samt 3 gange bedre læk rate. Ligeledes er et lavere energiforbrug til anlægget.

Da TEWI-beregningen er for hele anlæggets levetid, skal det samlede resultat regnes om til "pr. år":

$$\text{Samlet CO}_2 \text{ belastning på køleanlægget pr. år} = \frac{761.418}{10} = 76.141 \text{ kg CO}_2$$

<sup>31</sup> Kilde: BILAG 4 (TEWI-beregning)

### Samlet årlig miljøbelastning

Dette er en delkonklusion på den samlede miljøbelastning i en Fakta butik. Af nedenstående fremgår resultater for henholdsvis varme, el og køleanlæg.

*Samlet CO<sub>2</sub> belastning for fjernvarme pr. år = 4.717 kg CO<sub>2</sub>*

*Samlet CO<sub>2</sub> belastning for el pr. år = 45.274 – 30.254 = 15.020 kg CO<sub>2</sub>*

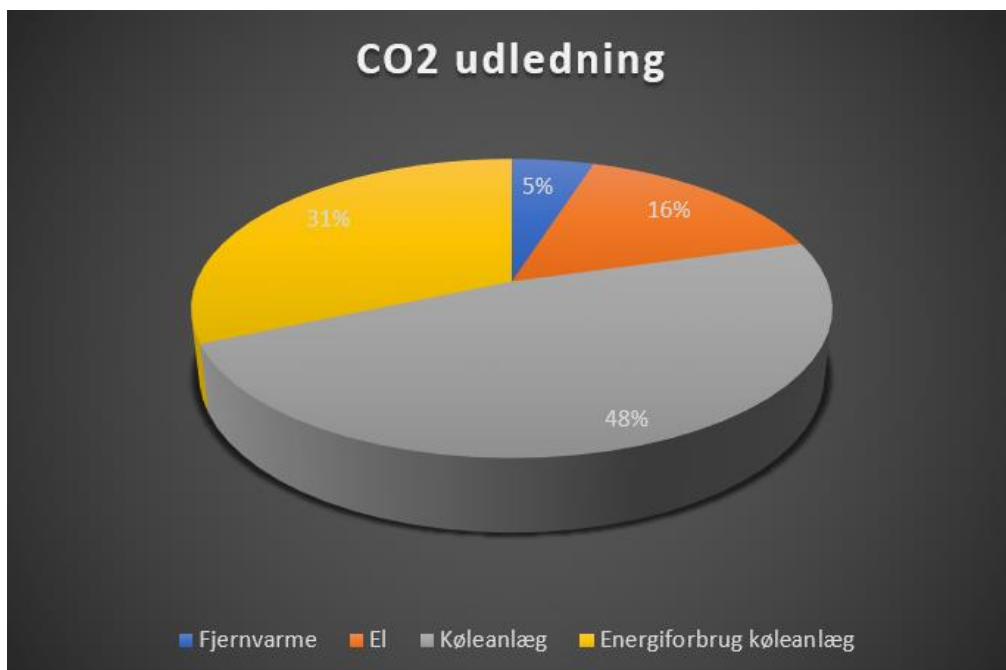
*Samlet CO<sub>2</sub> belastning for energiforbrug til køleanlæg pr. år = 30.254 kg CO<sub>2</sub>*

*Samlet CO<sub>2</sub> belastning for køleanlæg pr. år = 76.141 – 30.254 = 45.887 kg CO<sub>2</sub>*

### Samlet årlig CO<sub>2</sub> belastning

**= fjernvarme + el + energiforbrug til køleanlæg + køleanlæg**

**Samlet årlig CO<sub>2</sub> belastning = 4.717 + 15.020 + 30.254 + 45.887 = 95.878 kg CO<sub>2</sub>**



Figur 5, CO<sub>2</sub> udledning i procent<sup>32</sup>

Det fremgår af Figur 5, CO<sub>2</sub> udledning i procent, at CO<sub>2</sub> belastningen er fordelt på 4 områder: El, varme, køleanlægget, samt energibehovet til drift af køleanlægget. Køleanlægget står for den

<sup>32</sup> Kilde: **BILAG 5** (Udledning i procent)

største andel med 48 procent. Sammenlagt med energibehovet til køleanlægget fremgår det, at køleanlægget i alt står for 79 procent af det samlede CO<sub>2</sub> udslip. Det vil derfor give mest mening ud fra et miljømæssigt perspektiv at nedbringe den del af udslippet først.

I bilag 5 findes en udregning af, hvor meget den samlede CO<sub>2</sub> udledningen i en Fakta butik kan reduceres ved at skifte til et CO<sub>2</sub> køleanlæg. Dette giver følgende resultat:

- **Samlet CO<sub>2</sub> reduktion 45.882 kg CO<sub>2</sub>**
- **Samlet reduktion i procent 48 %<sup>33</sup>**

Disse resultater må anses for vejledende og med en vis usikkerhed. Forbruget, som resultaterne bygger på, er det faktiske forbrug, der er aflæst og registret af COOP. Dette forbrug er oplyst af COOP's Technical Asset Manager, Christoffer Grønager. Forbrugsoplysningerne må derfor anses for at være valide. Resultaterne bygger på gennemsnitsforbrug fra Fakta 4 butikker. Hvis der analyseres nærmere i forbruget, fremgår det, at differencen mellem største og mindste forbrug er op mod 60 %. Det betyder, at resultaterne vil svinge meget fra butik til butik. Men uanset dette vil der være en gevinst i at skifte køleanlægget til CO<sub>2</sub>, grundet kølemidlet og effektivitet.<sup>34</sup> TEWI-analysen og dens resultater, bygger på nogen områder på anslået værdier. Fx lækage. Det kan være meget svært at påvise, hvor stort lækageudslip, der er om året. Lækageandelen af det samlede CO<sub>2</sub> udslip er klart størst på de gamle anlæg grundet den høje GWP på kølemidlerne. Der kan derfor være en større usikkerhed i reduktionen af CO<sub>2</sub> udslip afhængig af hvor store eller små lækager, der er årligt.<sup>35</sup>

Da både lovgivning og miljøbevidsthed taler for en udskiftning af køleanlægget, vil den del af energioptimering ikke blive behandlet yderligere i denne rapport. Derimod undersøges for supplerende løsninger, der kan reducere CO<sub>2</sub> udslippet yderligere og samtidig være en rentabel løsning. For at finde den bedst mulige løsning, vil Faktas eget byggeprogram blive analyseret med hensyn til forskrifter i forhold til miljøforbedringer, og krav COOP har til egne butikker.

---

<sup>33</sup> Kilde: **BILAG 5** (Udledning i procent)

<sup>34</sup> Kilde: **BILAG 1** (Varme og el Forbrug)

<sup>35</sup> Kilde: **BILAG 4** (TEWI-beregning)

## 6.5 Faktas miljøambition

Fakta er i 2018 blevet ISO 50001 energicertificeret. De er derfor klar til at nedbringe store dele af deres samlede CO<sub>2</sub> udslip. Koncernens samlede mål er at spare 20 procent på energien inden 2020. Fakta vil investere 300 millioner kroner på at reducere deres energiforbrug. Dette skal ske via:

- Udskiftning af alt lys til LED
- Opsætning af 10.000 flere energimålere
- Opdatering af fjernstyring af alle tekniske systemer
- Køleoptimering
- ISO 50001 – energicertificering af koncernen – gennemgang og kortlægning af alt energi

Fakta er derfor med helt fremme, med hensyn til energioptimering i detailhandlen. Fakta direktør John Hornbech Christensen udtaler:

*"Det giver værdi, at Fakta bidrager til de globale klimamål om at nedbringe CO<sub>2</sub> udslip og forurening generelt. Derudover giver de enkelte energibesparelsetiltag os nogle økonomiske fordele, når vores forbrug reduceres"*<sup>36</sup>

Fakta har udarbejdet et byggeprogram, der beskriver en række krav og normer, som COOP vil følge i forbindelse med renovering og bygning af nye butikker. Det er den guideline, COOP mener, der skal til for at opnå deres mål og spare på energien. I byggeprogrammet kræves det, at alle rum skal kunne opvarmes til 21 grader. Den primære opvarmning skal ske via ventilationsanlæg i selve salgslokalet. De mindre rum såsom kontorer, personale rum, toiletter m.v. opvarmes ved hjælp af radiatorer. Lager opvarmes ved kaloriferer. Dertil kommer krav om lufttæppe ved vareindlevering samt, at alt skal dimensioneres med 10% ekstra kapacitet. Der ønskes en vandtemperatur på 55/25 grader som dimensionsgivende. COOP ønsker opvarmning med fjernvarme, suppleret med overskudsvarme fra CO<sub>2</sub> køleanlæg. Dertil ønskes, hvis det er muligt, salg af overskudsvarme til fjernvarmenettet.<sup>37</sup>

Af Figur 6, Principskitse overskudsvarme COOP - Fakta Haslev, fremgår det, hvordan en typisk installation udføres i henhold til byggeprogrammet. Figur 6, Principskitse overskudsvarme COOP - Fakta Haslev, viser et oversigtsskema, hvoraf det fremgår, at der monteres en

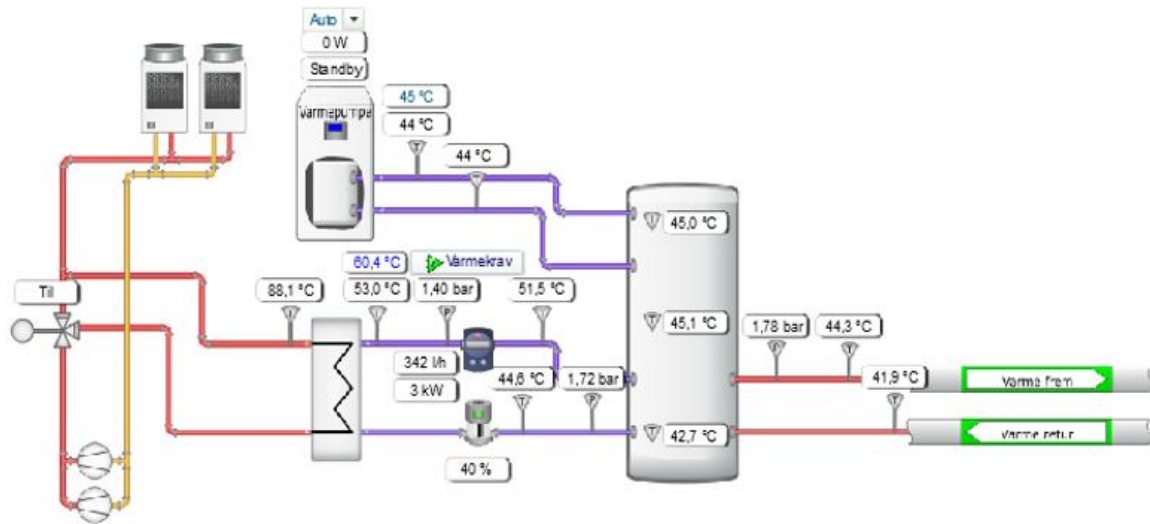
---

<sup>36</sup> Kilde: **BILAG 10** (FAKTA ENERGIPTIMERING)

<sup>37</sup> Kilde: **BILAG 3** (Fakta byggeprogram februar 2018 foreløbig) – side 23

pladeveksler på CO<sub>2</sub> anlægget, til udnyttelse af overskudsvarmen. Overskudsvarmen sendes til buffertank, der yderligere suppleres med en varmepumpe, for at opnå ønsket temperatur.<sup>38</sup>

COOP - Fakta, Høje (21-177) - Overskudsvarme

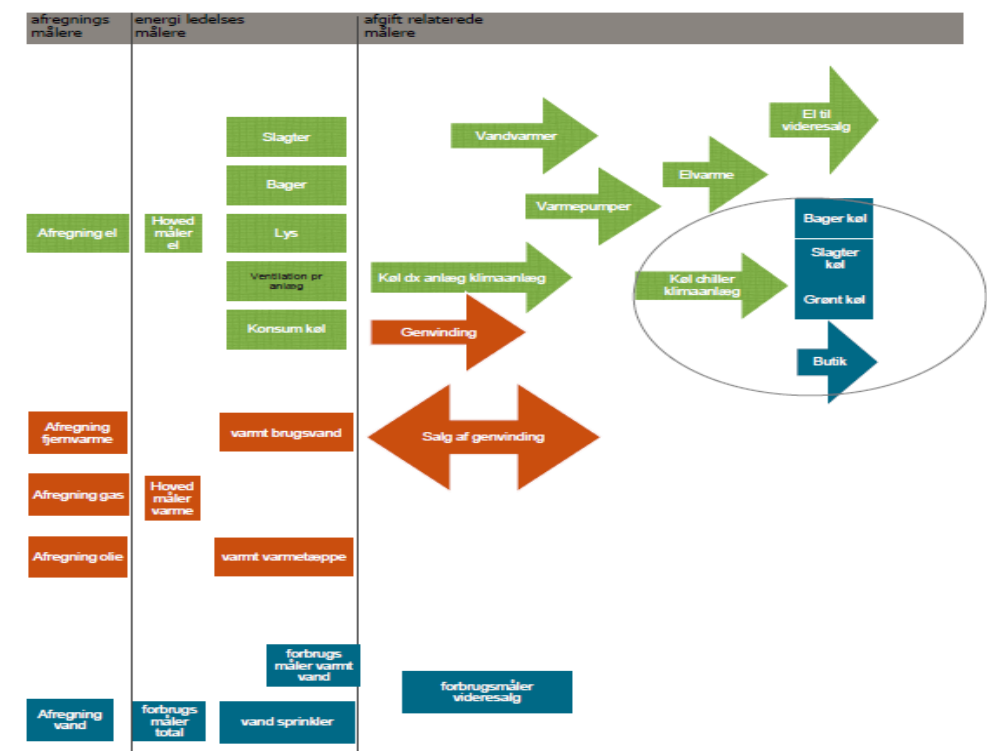


Figur 6, Principskitse overskudsvarme COOP - Fakta Haslev

<sup>38</sup> Kilde: **BILAG 3** (Fakta byggeprogram februar 2018 foreløbig)– side 23-24

Fakta har i deres byggeprogram en klar holdning til hvilke løsningsmodeller, der skal anvendes i forbindelse med renoveringer. Der foretages derfor en analyse af, om det er den mest miljømæssig og rentable løsning for Fakta. Af Faktas byggeprogram fremgår det, at man vil anvende CO<sub>2</sub> som kølemiddel i deres anlæg i butikkerne. Byggeprogrammet foreskriver endvidere, at der til dokumentation for korrekt afregning af elforbruget opsættes en række målere i butikkerne. Ud over forsyningsmålere etableres desuden:<sup>39</sup>

- Undertavler
- Aircondition og klimaanlæg
- Energiforbrug til kompressordelen i varmepumpeanlæg
- El opvarmning
- Solcelleanlæg
- Elforbrug skal måles separat for alle ventilationsanlæg



Figur 7, Måleroversigt<sup>40</sup>

Figur 7, Måleroversigt viser hvordan hele Faktas målerheraki hænger sammen. Målerheraki er skabt for at visualisere, hvordan målerne sidder i forhold til hinanden. Formålet er at give

<sup>39</sup> Kilde: **BILAG 3** (Fakta byggeprogram februar 2018 foreløbig)– side 31

<sup>40</sup> Kilde: **BILAG 3** (Fakta byggeprogram februar 2018 foreløbig)– side 32



klarhed over, hvad de enkelte målere aflæser. Dette for at sikre den korrekte aflæsning, til brug ved betaling af afgifter, eller til dokumentation for forskellige prissætninger af elpriser.

## 6.6 Del konklusion

Ud fra ovenstående analyse af Faktas byggeprogram, giver det energioptimeringsmæssig god mening for COOP og Fakta butikkerne at skifte deres køleanlæg, både i forhold til lovgivning, og til optimering af en rentabel og sikker drift. Det ses tydeligt i TEWI analysen, der findes i 6.4, at ved installation af nyt køleanlæg, reduceres det samlede CO<sub>2</sub> udslip med hele 69 %<sup>41</sup>. Det sker både i form af et mere miljøvenligt kølemiddel, men også på baggrund af et mere effektivt og driftssikkert anlæg, der ikke bruger så meget energi. Det er tydeligt, at gevinsten ved at udskifte køleanlægget er meget fordelagtig og nødvendig. Ud over gevinsten ved etablering af nye køleanlæg rettes der i det følgende fokus på de supplerende løsninger til reduktion af CO<sub>2</sub> udslip på en miljømæssig og rentabel måde, der beskrives i Faktas byggeprogram. Her tænkes på etablering af varmepumper samt anvendelse af overskudsvarme fra køleanlæggene til varmegenvinding og eventuelt et alternativ hertil.

---

<sup>41</sup> Kilde: **BILAG 4** (TEWI-beregning)

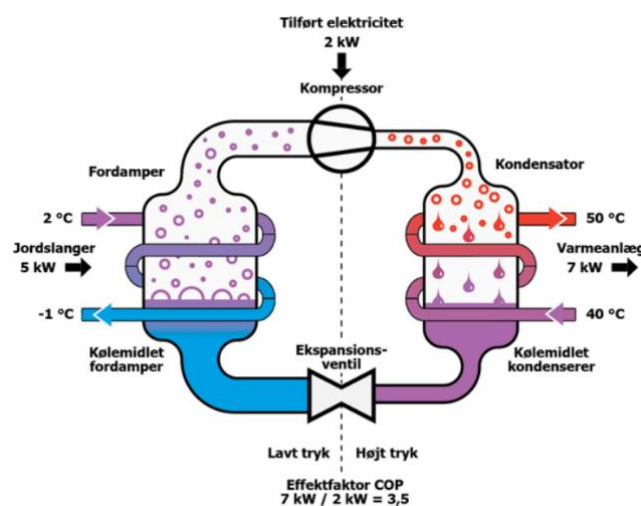
## 7. Varmepumper

Der findes flere typer af varmepumper. Både luft til luft - og luft til vand systemer. I dette afsnit beskrives luft til vand varmepumper, da det vil være sådan en type, der i givet fald skal anvendes til supplement til - eller erstatning af fjernvarmeforsyningen.

### 7.1 Virkemåde

En Luft til vand varmepumpe fungerer på mange måder som ethvert andet varmeanlæg, der drives af naturgas eller olie, der sørger for opvarmningen af boligen eller i dette tilfælde butikken. Den store forskel består i, at varmepumpen henter sin energi fra luften udenfor og ikke fra hverken naturgas eller olie.

En luft til vand varmepumpe består af to dele. En "udedel" og en "indedel". I udedelen cirkulerer kølemiddel, der opsamler energi fra luften. En kompressor komprimerer herefter kølemidlet hvilket medfører, at trykket og temperaturen stiger. Det komprimerede kølemiddel løber derefter gennem overhedningsfjerner og afgiver sin energi til centralvarmeanlægget ved at cirkulerer det gennem akkumuleringstankens nederste del. Derefter ledes det gennem ekspansionsventilen, som sænker tryk og temperatur, hvor efter kølemidlet på ny kan optage energi fra luften som det fremgår af Figur 8, Varmepumpe virkemåde.



Figur 8, Varmepumpe virkemåde<sup>42</sup>

<sup>42</sup> Kilde: Varmepumpe virkemåde – I bunden <https://dansk-energi-center.dk/faq/varmepumpens-virkemåde> - Hjemmesiden sidst set den 27-11-2018

Levetiden på en varmepumpe, kan være svær at fastsætte, men der er ingen tvivl om, at en varmepumpe er meget velegnet til at håndtere de temperaturudsving, vi har i det nordiske klima. Dette betyder, at en varmepumpe af god kvalitet er meget modstandsdygtig og fungerer godt under de forskellige temperaturforhold i Danmark. En typisk levetid anslås derfor til at være op til 20 år<sup>43</sup>. De fleste kilder oplyser, at de er funktionsdygtige i over 15 år.

De største gener ved en varmepumpe er typisk, hvor udedelen skal placeres. Det er ikke alle steder, der er plads. Eller også finder man ikke udedelen særlig pæn, og derfor ødelæggende for det arkitektoniske udtryk. En anden gener er lyden. Men der er stor forskel på støjgenerne ved varmepumperne. Ved en korrekt installation af pumperne mindskes støjgenerne, ligesom alle varmepumper er mærket med, hvor mange decibel de støjer. Det er derfor vigtigt at undersøge lokalplanen for de tilladte værdier for støj, inden en evt. installation. En sidste vigtig ting er at få foretaget den korrekte dimensionering af varmepumpen. Det er derfor vigtigt at kende sit varmebehov, for at finde frem til den rigtige model. Hvis pumpen er underdimensioneret, vil den bruge ekstra el energi, hvilket vil sænke COP værdien betydeligt. Hvis den derimod er overdimensioneret, vil den have mange start og stop situationer, hvilket ikke er effektivt.

---

<sup>43</sup> Kilde: Levetid – tredje afsnit - [https://www.varmepumpefakta.dk/varmepumpe\\_luft\\_vand.asp](https://www.varmepumpefakta.dk/varmepumpe_luft_vand.asp) - Hjemmesiden sidst set den 27-11-2018

## 7.2 Panasonic varmepumper

Panasonic er førende på det danske marked inden for varmepumper. Panasonic får alle deres varmepumper testet på teknologisk Institut for at sikre, at deres varmepumper lever op til de COP og SCOP-værdier de opgiver. Panasonic skiller sig blandt andet ud fra det øvrige marked med deres T-Cap modeller. Her loves fuld kapacitet og ydeevne ved fremløbstemperaturer på op til 60 grader og en udendørs temperatur på ned til -20 grader. Derudover har Panasonic igennem længere tid arbejdet på at gøre deres varmepumper mere lydsvage. De har produceret en ny model Super Quiet T-Cap med et lydniveau på 61 dB på en 12 kW varmepumpe, hvilket er hele 7 dB under den normale lydeffekt. Der findes flere løsninger, når et anlæg skal sammensættes. Panasonic har deres all in one indendørs enheder, der kan sammensættes med de udendørs enheder. I inde delen sidder et komplet system med styring, varmtvandsbeholder samt trevejsventil, der kan kobles på fjernvarmenettet. Derudover findes monoblokke, der kan kobles sammen med flere forskellige inde dele og yderligere eksterne akkumuleringstanke til brugsvand osv.<sup>44</sup>

Panasonic satser stort på hele tiden at være på forkant med udviklingen. Panasonic lægger især vægt på nye miljøvenlige løsninger. Tomas Bærholm, tidligere markedschef for Panasonic Heating and Cooling Danmark, udtaler: "I Panasonic vil vi gerne gøre vores for at komme den globale opvarmning til livs samtidig med, at vi sikrer vores kunder de bedste løsninger på markedet".<sup>45</sup> Dette har bevirket, at alle Panasonics varmepumper nu tilbydes med R32 kølemiddel, der ingen indvirkning har på ozonlaget. Sammenlignet med forgængeren, R410A, har R32 hele 75% mindre påvirkning på den globale opvarmning. Desuden lægger Panasonic vægt på at gøre det lettere for slutbrugerne at betjene deres klimaanlæg. Panasonic har flere løsninger, hvor det er en standardfunktion at betjene anlægget via smartphone. Det sker gennem deres app, der giver brugeren, eller i dette tilfælde Faktas driftsansvarlige, et godt overblik. På app'en kan brugeren følge med i energiforbruget samt se alarmer i tilfælde af behov for vedligeholdelse eller service. Det gør det derfor nemt at overskue, om det enkelte anlæg kører bedst muligt, og om effektiviteten er i top. Desuden findes der på app'en manualer, installationsoplysninger og fejlkoder i tilfælde af fejlmeldinger. Det er derfor både en optimal og tidsparende løsning, der reducerer udgifterne til vedligeholdelse.

---

<sup>44</sup> Kilde: **BILAG 7 (PANASONIC)**

<sup>45</sup> Kilde: Tomas Bærholm – 4 artikel, Panasonic, afsnit 5 - <https://altomteknik.dk/indhold/energi/koelemidler/> - Hjemmesiden sidst set den 27-11-2018

## 8. Varmegenvindingsløsninger

En del virksomheder har overskudsvarme og potentialet til at genanvende dette. Enten til intern - eller ekstern udnyttelse. Når overskudsvarme udnyttes fra en produktionsproces i en virksomhed, der har fået godtgjort udgifter til afgifter på brændsler og el, pålægges virksomheden yderligere afgifter på overskudsvarmen. Det gælder når varmen udnyttes til installationer som radiatorsystemer, varmepumper osv. Hvis overskudsvarmen for eksempel anvendes til rumopvarmning, lægges der afgift på overskudsvarmen, idet der således ikke længere er tale om en produktionsproces.<sup>46</sup>

### 8.1 Intern udnyttelse af overskudsvarme

Hvis overskudsvarme anvendes intern i virksomheden til opvarmning af vand og rumopvarmning, skal virksomheden, som nævnt ovenfor, betale overskudsvarmeafgiften. Afgiften udgør 51 kr./GJ-varme. Da det kan være vanskeligt at måle energiindholdet i fx luft, anvendes ofte den alternative afregningsmetode - kvadratmetermetoden. Her beregnes overskudsvarmeafgiften ud fra opmålt antal kvadratmeter i lokalet, der afregnes med 10 kr. pr. m<sup>2</sup>. Der skal dog ikke betales overskudsvarmeafgift i perioden 1. april – 30. september.<sup>47</sup>

Der er blevet oplyst fra Christoffer Grønager, Technical Asset Manager, COOP, at COOP betaler 18 øre/kWh, det eftertjekkes her:

$$1 \text{ GJ} = 277,8 \text{ kWh}$$

51 kr./GJ-varme

$$\text{pris pr kWh} = \frac{51 \text{ kr}}{277,8 \text{ kWh}} = 0,18 \text{ øre/kWh}$$

---

<sup>46</sup> Kilde: PWC – side 2 - <https://www.pwc.dk/da/nyt/2017/overskudsvarme-og-afgifter-2017.pdf> - Hjemmesiden sidst set den 27-11-2018

<sup>47</sup> Kilde: Skat - <https://skat.dk/skat.aspx?oid=2062257> – Hjemmesiden sidst set den 27-11-2018

## 8.2 Ekstern udnyttelse af overskudsvarme

COOP vil, som beskrevet i Faktas byggeprogram, meget gerne sælge overskudsvarme tilbage til fjernvarmenettet. Det er min klare opfattelse ud fra samtaler med Bendt Dahl, Energikonsulent ved COOP, at det er forbundet med vanskeligheder at få fjernvarmenettet til at aftage overskudsvarmen. Fjernvarmenettet har brug for stabile og driftssikre varmekilder til deres fjernvarmenet. Da mængden af overskudsvarme kan være svingende, er det ikke altid attraktivt for fjernvarmeværkerne at modtage den fra eksterne leverandører. Leverancen skal være stabil, så værkerne konstant kan sikre en høj leveringsgaranti i deres varmenet. Der er dog i dag ca. 13 butikker i COOP, der sender overskudsvarme ud på fjernvarmenettet. Vanskelighederne med at afsætte overskudsvarmen bliver ikke mindre af, at der af og til "går politik i den". Facebook fik gennem Fjernvarme Fyn i 2017 tilladelse til at sende overskudsvarme ud til 7000 fynske hjem fra Facebooks nye datacenter, der skal opføres ved Odense. Energichef ved Coop, Peter Svendsen, er langt fra tilfreds med forskelsbehandlingen, og efterlyser mere ensartethed.<sup>48</sup> Coop efterlyser politisk vilje til at fjerne en række afgifter og noget af det bureaukrati i forbindelse med salg af overskudsvarme fra supermarkeder. Et af de mest centrale problemer er, at staten mister indtægter ved virksomhedernes salg af overskudsvarme. I dag dækker ca. 41 virksomheder 3 procent af det samlede fjernvarmeforbrug, oplyser Dansk Fjernvarme. Det betyder, at staten mister indtægter på fjernvarme i form af afgifter. Ind til videre giver det staten et samlet tab på 180 millioner kroner om året. Et andet problem er ifølge Peter Svendsen, at virksomhedernes køleanlæggene skal justeres for bedre at kunne udnytte overskudsvarmen. En sådan justering vil rent lovgivningsmæssigt betyde, at køleanlæggene ud over at have status som køleanlæg også får status som varmeproducent, og derfor bliver belagt med flere skatter og afgifter.<sup>49</sup>

## 8.3 Varmegenvindingspotentiale

Varmegenvindingspotentialet for at udnytte overskudsvarme fra produktion til varmegenvinding til opvarmning af bygninger eller brugsvand er kæmpe stort, alt efter hvordan det bliver betragtet. Potentialet er stort de steder, hvor et procesanlæg producerer overskudsvarme. I dette tilfælde køleanlæg. Men som beskrevet ovenfor lægger afgifter og

---

<sup>48</sup> Kilde: dr.dk - <https://www.dr.dk/nyheder/regionale/fyn/coop-om-overskudsvarme-til-danske-hjem-hvis-facebook-maa-vil-vi-ogsaa> - Hjemmeside sidst set den 27-11-2018

<sup>49</sup> Kilde: tv2.dk - <http://nyheder.tv2.dk/samfund/2017-01-02-supermarkeder-tvinges-til-at-fyre-for-fuglene-det-haenger-overhovedet-ikke-sammen> - Hjemmeside sidst set den 27-11-2018

politik hindringer i vejen for, at metoderne for alvor slår igennem. Det anslås at 9 procent af den samlede danske fjernvarme produktion, kunne dækkes af overskudsvarme, der på nuværende tidspunkt sendes direkte ud i naturen. For Coop og Faktas vedkommende er potentialet naturligvis til stede i alle deres butikker, da jo alle har køleanlæg, og der produceres overskudsvarme.<sup>50</sup>

## 9. Cost-benefit-analyse

Cost-benefit-analyse er et værktøj, der kan vurdere, om et projekt kan betale sig. Analysen er en vurdering af gevinsten og omkostningerne ved projektet. I det følgende afsnit beskrives, hvad en Cost-benefit-analyse er og hvordan, den vil blive anvendt i denne sammenhæng.

### 9.1 Hvad er en Cost-benefit-analyse?

En Cost-benefit-analyse kan blandt andet anvendes til at beslutte, om et projekt kan betale sig at gennemføre. Dette gøres ved at sammenholde projektets omkostninger med, hvor meget projekt vil indbringe virksomheden. Vurdering af projektet gøres op i kroner og øre. Det vil sige, at omkostninger og udgifter sættes op mod det forventede udbytte – overskud for virksomheden. Det kan være vanskeligt at gøre op i nogle tilfælde. Men i dette tilfælde kan en Cost-benefit-analyse anvendes til at klarlægge, om det økonomisk kan betale sig at foretage en renovering. Altså kan det betale sig at skifte køleanlæg, lave varmegenvinding og opsætte en varmepumpe, samt at sælge overskudsvarme til fjernvarmeværket.

---

<sup>50</sup> Kilde: tv2.dk – ca. midt på siden - <http://nyheder.tv2.dk/samfund/2017-01-02-supermarkeder-tvinges-til-at-fyre-for-fuglene-det-haenger-overhovedet-ikke-sammen> - Hjemmesiden sidst set den 27-11-2018

## 9.2 Erkendelsesfasen

Dette er den første fase i Cost-benefit-analysen. I denne fase føder COOP ideen om at ville fremstå med en miljømæssig og rentabel profil. Det drejer sig om at investere i de rigtige løsninger, og det er klart, at der vil være flere muligheder, løsninger og alternativer at vælge imellem. COOP har haft overvejelser på følgende områder:

- LED belysning
- Nedsætte bygningens energitab
- Varmegenvinding
- Varmepumpe
- Solceller

LED belysning er en investering, COOP iværksatte for flere år siden. På nuværende tidspunkt er systemerne implementeret alle steder. Fakta har allerede på nuværende tidspunkt reduceret elforbruget, med hele 62 %, og Fakta-kæden er blevet tildelt den internationale ISO 50001 energicertificering.<sup>51</sup>

Faktas byggeprogram omtaler ikke direkte noget om nedsættelse af bygningernes energitab udover, at alle love og regler er gældende og skal overholdes. Da der foreligger mange og komplicerede løsninger på grund af de enkelte butikkers udformninger og beliggenheder, er der ikke foretaget Cost-benefit-analyse på dette område. Fakta har derimod via byggeprogrammet lagt sig fast på, at næste projekt er varmegenvinding suppleret med varmepumper. Dette er et oplagt emne til Cost-benefit-analyse. Dog må det nævnes, at COOP ikke på nuværende tidspunkt ligger inde med data på den samlede løsning. Derfor er det udelukkende varmegenvinding, der udarbejdes Cost-benefit-analyse på. Men efterfølgende vil opsætning af varmepumper være et oplagt emne for analyse, for at klarlægge varmepumpernes potentiale isoleret set. Solceller kunne være et glimrende alternativ, og vil blive udregnet som en alternativ løsning.<sup>52</sup>

---

<sup>51</sup> Kilde: **BILAG 10** (FAKTA ENERGIPTIMERING)

<sup>52</sup> Kilde: **BILAG 3** (Fakta byggeprogram februar 2018 foreløbig) – side 21-23



### 9.3 Hvad er ambitionsniveauet?

Ambitionsniveauet skal klarlægges. Hvad er ambitionen med projektet?. Hvad er formålet? I dette tilfælde (varmegenvinding) er det COOPs ambition at spare penge og tage et grønt og miljørigtigt initiativ, som beskrevet i egen byggeplan. Det vanskelige ved denne proces er at vurdere, hvornår projektet er en succes. I dette tilfælde er det meget svært at fastlægge, grundet butikkernes forskellige beliggenhed og stand. Men generelt kan det formuleres således, at Fakta ønsker en rød tråd gennem hele projektet, så butikkerne fremstår ensartede med stor komfort og et miljørigtigt udtryk. Ud over dette succeskriterie er ambitionen at spare penge med så hurtig en tilbagebetalingstid som muligt.

### 9.4 Fastlæg alternativer

Der regnes på to alternative løsninger. Varmepumper og solceller.

Vedrørende varmpumper, udregnes en pris på installation samt hvor stor en besparelse, det er muligt at opnå. Der opereres med 3 succeskriterier: Økonomisk gevinst, hurtig tilbagebetalingstid og reduktion af CO<sub>2</sub> udslip i forbindelse med etablering af varmpumpen.

Vedrørende solceller regnes på indkøbspris og tilbagebetalingstid. Succeskriterierne er konkurrencedygtige indkøbspriser, hurtig tilbagebetalingstid og reduktion af CO<sub>2</sub> udslip ved montering af solceller.

### 9.5 Costs

Da der i denne cost-benefit-analyse ikke medtages udgifter til vedligehold. (Ud fra den metode jeg har valgt at lave analysen på.) Er det forholdsvis simpelt at udregne omkostningerne ved etablering af varmegenvinding. I samtaler og mailkorrespondance med Technical Asset Manager, Christoffer Grønager, er den samlede pris for etablering af udnyttelse af overskudsvarme oplyst til at være **80.000 kr.**<sup>53</sup>

Prisen er inklusiv installation af den lovpligtige forbrugsmåler, der holder regnskab med mængden af den produceret overskudsvarme. Inkluderet i prisen er ligeledes CTS-opkoblingen til resten af varmesystemet og til hele det set up, Coop har valgt at styre deres enheder med.

---

<sup>53</sup> Kilde: **BILAG 2** (Mail korrespondance) – side 13

## 9.6 Benefits

### Direkte

En grundlæggende fordel ved denne overskudsvarmeløsning er, at der spares penge på varmeregningen ved en simpel udnyttelse af noget varme, der ellers bare var blevet kølet ned og ikke anvendt til et nyttigt formål.

Det fremgår af bilag 8, at der i en Fakta butik produceres i snit 25,3 kWh/måned i sommerperioden og 661,2 kWh i vinterperioden.<sup>54</sup> I hele vinterperioden betales en afgift på 18 øre/kWh, (beskrevet i 8.1). Faktas pris for fjernvarme (omtalt i Varmeforbrug 6.1) er 60 øre pr. kWh. Den samlede besparelse bliver således:

Samlet kWh produceret ved overskudsvarme:  $(25,3 * 6) + (661,2 * 6) = 4119 \text{ kWh}$

$$(4119 * 0,60) - ((661,2 * 6) * 0,18) = 1757,3 \text{ kr}$$

Hvilket er en besparelse på 10,6 % på hele varmeregningen udregnet i bilag 8.<sup>55</sup>

### Indirekte

De indirekte Benefits dækker over driftssikkerhed, miljø, vedligehold osv. En indirekte Benefits ved etablering af en overskudsvarmeløsningen er en sikring af driftssikkerheden, idet der altid i forbindelse med overskudsvarmeløsningen anskaffes et helt nyt køleanlæg. Dette sikre driften flere år frem. Den største gevinst er imidlertid den miljømæssig gevinst. En TEWI-beregningen viser hvor stor en CO<sub>2</sub> udledningsreduktion, der opnås ved at skifte til et CO<sub>2</sub> køleanlæg.<sup>56</sup> Det fremgår, at der kan opnås en reduktion på hele 69 %, idet det samlede udslip ved etableringen af et CO<sub>2</sub> køleanlæg reduceres med:

$$761.418 - 233.841 = 527.577 \text{ kg CO}_2 \text{ i en 10-årig periode}$$

Men da der i dette tilfælde er tale om en Cost-benefit-analyse på overskudsvarmegenvindingen alene, er den samlede CO<sub>2</sub> reduktion selvfølgelig en anden. Den samlede reduktion af CO<sub>2</sub> udledning vil i dette tilfælde se således ud ifølge de oplysninger, der kan findes i 6.4:

---

<sup>54</sup> Kilde: **BILAG 8** (FAKTA GILLELEJE VARMEFORBRUG)

<sup>55</sup> Kilde: **BILAG 8** (FAKTA GILLELEJE VARMEFORBRUG)

<sup>56</sup> Kilde: **BILAG 4** (TEWI-beregning)

- 4.119 kWh i varmegenvindingsproduktion
- 0.191 kg/kWh CO<sub>2</sub> udslip

$$4.119 * 0,191 = \mathbf{786,7 \text{ kg CO}_2 \text{ pr. år}}$$

## Strategi

En strategisk overvejelse kunne være at opbygge et brand med en grøn profil. Det vil klart give medieomtale og kunne anvendes til at markedsføre sig selv, som værende en bæredygtig og grøn virksomhed, der tager ansvar for klimaændringerne og miljøet.

## Udfordringer

En stor udfordring er, at der som tidligere omtalt er meget stor forskel på de enkelte butikkers opbygning og indretning. Fakta butikkerne er generelt indrettet med en varmtvandsbeholder med en el stav, til opvarmning af brugsvandet. En ældre metode, som Fakta jf. det nye byggeprogram går bort fra. For det betyder blandt andet, at overskudsvarme ikke udnyttes i sommerperioden<sup>57</sup>, da man ikke har brug for varme i butikkerne. Potentialet for udnyttelse af overskudsvarme bliver langt større, hvis man indretter butikkerne med en buffertank som foreskrevet i byggeprogrammet. Flere steder i det fremsendt materiale fra Coop indikere tallene, at anlæggene ikke er indstillet korrekt. Technical Asset Manager, Christoffer Grønager, påpeger selv, at fejlen enten kan skyldes, at sikkerhedsventilerne er indstillet til et for lille tryk eller, at ekspansionsbeholderne er for små, hvilket bevirker, at vandet koger væk. Han påpeger tillige, at den økonomiske gevinst ved at sende en VVS'er ud for at ændre forholdene er så lille, at det ikke kan betale sig.<sup>58</sup>

## 9.7 Alternativer

### 9.7.1 Solcelle løsning

Som det fremgår af **BILAG 9 (SOLCELLEANLÆG PRIS)** er prisen på et solcelleanlæg med en peak ydelse på 6,38 kW på mellem 62.250-68.200 kr. alt efter hvilket slags tag det opsættes på. I dette tilfælde beregnes ud fra en pris på 68.200 kr., plus standardmonteringen af solcellerne, el arbejdet til tavlen samt tilslutningen af inverter.

---

<sup>57</sup> Kilde: **BILAG 8 (FAKTA GILLELEJE VARMEFORBRUG)**

<sup>58</sup> Kilde: **BILAG 2 (Mail korrespondance)** – side 13

- Solceller 68.200 kr.
  - Montage 12.000 kr.
  - El arbejde 5.000 kr.
- (Alle priser er ekskl. moms<sup>59</sup>)

Samlet pris inkl. Moms:

$$(68.200 + 12.000 + 5.000) * 1,25 = 106.500 \text{ kr}$$

- Ifølge dansk solcelleforening kan et optimalt placeret solcelleanlæg i Danmark forventes at yde 850-900 kWh/ kW pr. år.<sup>60</sup>

Det er derfor valgt at estimere produktionen til 850 kWh/ kW pr. år, for at være på den sikre side. Det betyder at ovenstående anlæg på 6,38 kW vil kunne producere:

$$\text{Årlig el produktion} = 850 * 6,38 = 5.423 \text{ kWh årligt}$$

- Den årlige besparelse på elregningen vil derfor ud fra tidligere beskrevet elpris i afsnit 6.2 på 70 øre pr. kWh være:  
 $5.423 * 0,7 = 3.796 \text{ kr pr. år.}$
- Den samlede CO<sub>2</sub> reduktion vil ud fra tidligere beskrevet miljøbelastning i afsnit 6.4 være:  
 $5.423 * 0,191 = 1036 \text{ kg CO}_2 \text{ pr. år.}$

### 9.7.2 Varmepumpe løsning

Den sidste varmpumpe Fakta købte, var til installation i Hasle ved Århus, prisen på denne Panasonic 16 kW T-CAP inkl. montering, Modbus modul og buffertank var 95.000 kr. ex. moms.<sup>61</sup>

- Samlet pris inkl. Moms:  
 $(95.000) * 1,25 = 118.750 \text{ kr}$

---

<sup>59</sup> Kilde: **BILAG 9** (SOLCELLEANLÆG PRIS)

<sup>60</sup> Kilde: Ydelse - <http://solcelleforening.dk/fakta/tal-og-fakta/> - Hjemmeside sidst set den 27-11-2018

<sup>61</sup> Kilde: **BILAG 2** (Mail korrespondance) – side 14

- Ud fra de nominelle værdier er udregnet en kWh produktion således:
  - At varmepumpen skal dække 80 % af hele butikkens varmebehov.
  - En SCOP som er aflæst i datablad på 3,29.
  - Årligt forbrug 34.630 kWh.
  - Elpris på 0,70 kr.

**Varmeproduktion:**

$$34.630 * 0,8 = 27.704 \text{ kWh}$$

**Varmepumpe elforbrug:**

$$\frac{27.704}{3,29} = 8.421 \text{ kWh pr. år.}$$

$$8.421 * 0,70 = 5.894 \text{ kr pr. år.}$$

- Den årlige besparelse på varmeregningen vil derfor være:

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| Årligt fjernvarme forbrug     | $34.630 * 0,60 = 20.778 \text{ pr. år}$                      |
| Årligt nyt fjernvarme forbrug | $34.630 * 0,20 * 0,60 = 4.156 \text{ kr pr. år}$             |
| Årlig besparelse              | $20.778 - 4.156 - 5.894 = \mathbf{10.728 \text{ kr pr. år}}$ |

- Den samlede CO<sub>2</sub> reduktionen vil ud fra tidligere beskrevet miljøbelastning i afsnit 6.4 være:

|   |   |
|---|---|
| Tidligere fjernvarme CO <sub>2</sub> udslip | $34.630 * 0,191 = 6.614 \text{ kg CO}_2 \text{ pr. år.}$                |
| Årligt ny fjernvarme CO <sub>2</sub> udslip | $34.630 * 0,20 * 0,191 = 1.323 \text{ kg CO}_2 \text{ pr. år}$          |
| Årligt mere CO <sub>2</sub> udslip fra el   | $8.471 * 0.191 = 1.618 \text{ kg CO}_2 \text{ pr. år}$                  |
| Årlig CO <sub>2</sub> reduktion             | $6.614 - 1.323 - 1.618 = \mathbf{3.673 \text{ kg CO}_2 \text{ pr. år}}$ |

## 10. Anbefalet løsninger

Der er flere parametre at vælge den rigtige løsning ud fra. Det kan være investeringsomkostninger, besparelser, tilbagebetalingstid eller CO<sub>2</sub> reduktion. Hvis man til at starter med udelukkende ser på investeringssiden, er overskudsvarmeløsningen klart den billigste. Men inddrages den årlige besparelse konstateres det, at overskudsvarmeløsningen giver den mindste årlige besparelse, ligesom tilbagebetalingstiden er på hele 45 år. COOP har således også selv regnet sig frem til, at varmegenvindingen i Fakta butikkerne ikke er rentabelt. Derfor anvender man heller ikke som beskrevet i Benefits 9.6 ressourcer på at indstille og optimere driften af varmegenvinding. Derimod er investering i både varmepumper og solceller hurtigt tjent hjem igen, da den årlige besparelse er væsentlig højere. Samtidig fremgår det, at der opnås en væsentlig større reduktion af CO<sub>2</sub> udslip ved anvendelse af både varmepumper og solceller.

|                                      | Overskudsvarme <sup>62</sup> | Varmepumpe <sup>63</sup> | Solceller <sup>64</sup> |
|--------------------------------------|------------------------------|--------------------------|-------------------------|
| <b>Investering i kr.</b>             | 80.000 kr.                   | 118.750 kr.              | 106.500 kr.             |
| <b>Besparelse i kr.</b>              | 1.757 kr.                    | 10.728 kr.               | 3.796 kr.               |
| <b>Tilbagebetalingstid i år</b>      | 45,5 år                      | 11 år                    | 28 år                   |
| <b>CO2 reduktion pr. år (kg CO2)</b> | 786,7 kg                     | 3.673 kg                 | 1.036 kg                |

*Figur 9, Løsninger op mod hinanden, egen konstruktion*

Disse resultater er udarbejdet ud fra oplysninger fra flere forskellige kilder. Technical Asset Manager, Christoffer Grønager, fra COOP, har informeret om prisen for varmegenvinding i Fakta butikkerne. De opnåede besparelser er reelle besparelser opnået af en specifik butik. Derfor må oplysningerne i forhold til overskudsvarme anses for at være valide og troværdige.<sup>65</sup>

Varmepumpernes pris er oplyst af COOPs tekniske konsulent, Emil Svensson.<sup>66</sup> Men det har ikke været muligt at analysere på en opsat varmepumpes reelle varmeproduktion. Det har derfor været nødvendigt at anvende SCOP værdien fra varmepumpens datablad. Dette giver en usikkerhed i forhold til data aflæst fra en varmepumpe i anvendelse. Oplysningerne vedrørende solcelleanlægget hidrører fra en uvildig installatør, der har givet et uforpligtende tilbud på et solcelleanlæg. Det havde sandsynligvis været muligt at indhente billigere alternativer ved

<sup>62</sup> Kilde: 9.5 Costs

<sup>63</sup> Kilde: 9.7.1 Solcelle løsning

<sup>64</sup> Kilde: 9.7.2 Varmepumpe løsning

<sup>65</sup> Kilde: **BILAG 2** (Mail korrespondance) – side 13

<sup>66</sup> Kilde: **BILAG 2** (Mail korrespondance) – side 14

indhentning af flere tilbud. Effektiviteten er udregnet ud fra solcelleforeningens egne oplysninger i forhold til ydeevne. Disse data må derfor betragtes som valide.<sup>67</sup>

Min klare anbefaling til Coop er at investere i varmepumper. Investering i solcelleanlæg kunne også være en mulighed. Men den store udfordring ved solcelleanlæg er, at de kan være meget svære at montere i samtlige butikker, på grund af forskellige tagkonstruktioner og evt. beboelse eller erhverv over butikkerne.

Derfor vil en investering i varmepumper på alle områder være den bedste løsning.

Varmepumper er nemme at installere/montere, idet der altid kan findes en placering til udedelen i en varegård eller lignende. Derudover opnås en stor årlig besparelse, ligesom CO<sub>2</sub> udslippet reduceres væsentligt. Endelig er der en kort tilbagebetalingstid på varmepumper.

Alt i alt den ideelle løsning for COOP.

---

<sup>67</sup> Kilde: **BILAG 9** (SOLCELLEANLÆG PRIS)

## 11. Konklusion

For at besvare spørgsmålet i problemformuleringen, har det været nødvendigt at behandle en stor mængde data. Det viste sig meget hurtigt i projektet, at Fakta allerede havde fastlagt deres vision, og udarbejdet et byggeprogram med forskrifter og vejledninger for butikkerne og for COOP som helhed. Det var meget overraskende, at min analyse af Fakta butikkernes forbrug og miljøbelastning viste, at køleanlæggene bar så stor en andel af det samlede CO<sub>2</sub> udslip. Det stod derfor hurtigt klart, at det er en tvingende nødvendighed for COOP at påbegynde en udskiftning af køleanlæggene og fremover anvende CO<sub>2</sub> som kølemiddel. Der er flere indlysende fordele herved. For det første tvinger nye love og regler på området Coop til at påbegynde en udskiftning af anlæggene inden for få år. Ud over den miljømæssige gevinst med lavere CO<sub>2</sub> udslip giver det ligeledes en stor økonomisk gevinst med et driftssikkert og moderne anlæg med lavere energiomkostninger.

For at sænke CO<sub>2</sub> udslippet yderligere er det nødvendigt at supplere med yderligere tiltag. Her viste det sig at montering og anvendelse af varmepumper, klart var den bedste løsning. Pumperne er forholdsvis nemme at montere og tilbagebetalingstiden er kort. Dette sammenholdt med lave driftsomkostninger gør varmepumper til et godt valg. Dette falder ligeledes i god tråd med Faktas byggeprogram, hvoraf det fremgår, at man ønsker en ensartet fremtoning og opbygning af butikkerne. At en varmepumpe er et attraktivt produkt, vises yderligere ved, at hver gang du "smider" 1 kWh ind, får man 3-4 tilbage.

En mulig årsag til, at COOP har valgt at se på overskudsvarme i Fakta butikkerne, kan være, at COOP anvender overskudsvarme i virksomhedens øvrige kæder såsom Super Brugsen og Kvickly. Men her er gevinsten væsentlig højere, idet anlæggene i butikkerne er større og opbygget på en anden måde. Men som den opstillede hypotese udtrykte er gevinsten meget lille ved varmegenvinding. For Fakta butikkernes vedkommende er der kun en lille gevinst ved at anvende overskudsvarmen, men man kan jo altid i reklameøjemed profilere sig med, at man anvender al overskudsvarme i stedet for at lukke den ud til gråspurvenerne. Der er selvfølgelig også en lille miljømæssig gevinst ved at anvende overskudsvarmen, men størrelsesmæssigt kommer den ikke i nærheden af anvendelse af varmepumper eller solceller. Dette gør det svært at argumentere for etablering af varmegenvindingsanlæg, der ligeledes har en tilbagebetalingstid på 45 år.

Endeligt bør det nævnes, at anvendelse af varmepumper og solceller går godt i spænd med COOPs anvendelse af fjernvarme, der er forholdsvis billig i forhold til olie og naturgas.



## Perspektivering

Konklusionen på denne rapport må være, at der er gode muligheder for at optimere Fakta butikkerne. Der er muligheder både i solceller, varmepumper. Men bestemt også i varmegenvinding hvis man er villig til at anvende ressourcerne og investere tid og penge i at få anlæggene etableret på den rigtige måde.

Det har tidsmæssigt og ressourcemæssigt ikke været muligt at analysere alle områder inden for Faktas energioptimering. Opgaveløsningen indeholder ikke resultater for de eventuelle energitilskud, som Fakta i givet fald kunne modtage i forbindelse med energiforbedringer. Nedenfor er yderligere beskrevet nogle supplerende områder, der ligeledes kunne have været interessante af have analyseret.

Et andet aspekt, der kunne være gjort til genstand for en nærmere undersøgelse, er en analyse af "Life Cycle Cost" på både solceller, varmepumper og varmegenvindingsdelen. Hvilken vedligeholdelse er nødvendig for at anlæggene er funktionsdygtige? Hvor lang levetid har de enkelte anlæg, og kan det betale sig i forhold til tilbagebetalingstiden? Det er meget svært at forudse, hvor længe et anlæg kan holde. Men kunne have været interessant at analysere på, hvordan det forholder sig med rentabiliteten i forhold til levetiden.

Derudover kunne det have været interessant at se på "Life Cycle Cost" i forhold til CO<sub>2</sub> udslippet. Hvor meget CO<sub>2</sub> udleder henholdsvis et solcelleanlæg, varmepumper og varmegenvinding i produktionsfasen? Hvor lang tid skal anlægget være installeret og i drift for at neutralisere dette CO<sub>2</sub> udslip?

Det kunne ligeledes have været spændende at have haft indblik i forholdene hos en anden stor detailkæde i samme størrelsesorden som COOP. Det kunne for eksempel have været Dansk Supermarked. Hvordan er deres erfaringer med miljøomstilling og energioptimering? Muligvis er de længere fremme end COOP. Muligvis skal de først i gang med hele energioptimeringsprocessen?

Som det fremgår er miljøomstilling og energioptimering et meget stort og komplekst område. Selv om de ovenfor nævnte områder er udeladt i denne rapport, mener jeg, at analysen giver et ganske godt og fyldestgørende indblik i Faktas miljøudfordringer.

## Litteraturliste

Baggrund – Lund, Thomas - CO<sub>2</sub>-systemer Januar 2007 – side 3 - <http://xn--klemidler-l8a.dk/linux85.wannafindserver.dk/wp-content/uploads/2016/12/Designmanual-CO2-systemer-rev2-1.pdf> - Hjemmeside sidst set den 27-11-2018

COOP - <https://om.coop.dk/koncern/historie.aspx> - Hjemmesiden sidst set den 27-11-2018

Dr.dk - <https://www.dr.dk/nyheder/regionale/fyn/coop-om-overskudsvarme-til-danske-hjem-hvis-facebook-maa-vil-vi-ogsaa> - Hjemmeside sidst set den 27-11-2018

EU-lovgivning - <http://xn--klemidler-l8a.dk/regler-og-lovgivning/> - Under fanen Europæisk lovgivning de først 2 afsnit – Hjemmeside sidst set den 27-11-2018

Fakta - <https://om.coop.dk/koncern/vores+butikker/fakta.aspx> - Hjemmesiden sidst set den 27-11-2018

Fjernvarme CO<sub>2</sub> udledning – Sørensen, Torben Øllegaard - <https://www.danskjernvarme.dk/nyheder/nyt-fra-dansk-fjernvarme/arkiv/2014/141223jernvarmens-co2udledning-falder-og-falder> - Hjemmeside sidst set den 27-11-2018

Grænser og muligheder – Lund, Thomas - CO<sub>2</sub>-systemer Januar 2007 – side 4 - <http://xn--klemidler-l8a.dk/linux85.wannafindserver.dk/wp-content/uploads/2016/12/Designmanual-CO2-systemer-rev2-1.pdf> - Hjemmeside sidst set den 27-11-2018

GWP-værdi for kølemedier - <http://xn--klemidler-l8a.dk/om-koelemedier/miljoeffekt-af-koelemedier/> - ca. midt på siden – Hjemmeside sidst set den 27-11-2018

Hermeneutik og Positivismen - <http://hvadvilduvide.dk/metode/videnskabsteori/> - Hjemmesiden sidst set den 27-11-2018

Induktion og deduktion - <http://hvadvilduvide.dk/metode/videnskabsteori/> - Hjemmesiden sidst set den 27-11-2018

Kritiske punkt – Lund, Thomas - CO<sub>2</sub>-systemer Januar 2007 – side 5 - <http://xn--klemidler-l8a.dk/linux85.wannafindserver.dk/wp-content/uploads/2016/12/Designmanual-CO2-systemer-rev2-1.pdf> - Hjemmeside sidst set den 27-11-2018

Kvalitative & Kvantitative - <http://hvadvilduvide.dk/metode/validitet-og-reliabilitet/> - Hjemmesiden sidst set den 27-11-2018

Levetid – tredje afsnit - [https://www.varmepumpefakta.dk/varmepumpe luft vand.asp](https://www.varmepumpefakta.dk/varmepumpe_luft_vand.asp) -  
Hjemmesiden sidst set den 27-11-2018

Miljø - Lund, Thomas - CO<sub>2</sub>-systemer Januar 2007 – side 6-7 - <http://xn--klemidler-l8a.dk/linux85.wannafindserver.dk/wp-content/uploads/2016/12/Designmanual-CO2-systemer-rev2-1.pdf> - Hjemmeside sidst set den 27-11-2018

Naturlige kølemidler - <http://xn--klemidler-l8a.dk/om-koelemidler/naturlige-koelemidler/> -  
afsnit 3 – Hjemmeside sidst set den 27-11-2018

ODP & GWP - Lund, Thomas - CO<sub>2</sub>-systemer Januar 2007 – side 6 - <http://xn--klemidler-l8a.dk/linux85.wannafindserver.dk/wp-content/uploads/2016/12/Designmanual-CO2-systemer-rev2-1.pdf> - Hjemmeside sidst set den 27-11-2018

Panasonic - [https://www.aircon.panasonic.eu/DK da/heating-and-cooling/europe/](https://www.aircon.panasonic.eu/DK_da/heating-and-cooling/europe/) -  
Hjemmesiden sidst set den 27/11/2018

PWC – side 2 - <https://www.pwc.dk/da/nyt/2017/overskudsvarme-og-afgifter-2017.pdf> -  
Hjemmesiden sidst set den 27-11-2018

Regler og fortolkninger - <https://mst.dk/kemi/kemikalier/fokus-paa-saerlige-produkter/koelemidler/> - Hjemmeside sidst set den 27-11-2018

Skat - <https://skat.dk/skat.aspx?oid=2062257> – Hjemmesiden sidst set den 27-11-2018

TEWI Excel ark – link ligger i bunden på siden - <http://xn--klemidler-l8a.dk/vaerktoejer/nyttige-regneark/> - Hjemmeside sidst set den 27-11-2018

TEWI – starter i bunden - <http://xn--klemidler-l8a.dk/om-koelemidler/miljoeffekt-af-koelemidler/> - Hjemmeside sidst set den 27-11-2018

Tomas Bærholm – 4 artikel, Panasonic, afsnit 5 -  
<https://altomteknik.dk/indhold/energi/koelemidler/> - Hjemmesiden sidst set den 27-11-2018

Tripelpunkt - Lund, Thomas - CO<sub>2</sub>-systemer Januar 2007 – side 5 - <http://xn--klemidler-l8a.dk/linux85.wannafindserver.dk/wp-content/uploads/2016/12/Designmanual-CO2-systemer-rev2-1.pdf> - Hjemmeside sidst set den 27-11-2018

Tv2.dk - <http://nyheder.tv2.dk/samfund/2017-01-02-supermarkeder-tvinges-til-at-fyre-for-fuglene-det-haenger-overhovedet-ikke-sammen> - Hjemmeside sidst set den 27-11-2018

Udfordringer ved kølemidler - <http://xn--klemidler-l8a.dk/om-koelemidler/miljoeffekt-af-koelemidler/> - Hjemmeside sidst set den 27-11-2018

Undervisningsplan – side 2 -

<https://drive.google.com/drive/folders/11l9782rfhgU56XTTeiwJTeS7AaRC-tGA> - Hjemmeside sidst set den 28-11-2018

Validitet & Reliabilitet - <http://hvadvilduide.dk/metode/validitet-og-reliabilitet/> - Hjemmesiden sidst set den 27-11-2018

Varmepumpe virkemåde – halvvejs nede på siden <https://dansk-energi-center.dk/faq/varmepumpens-virkemade> - Hjemmesiden sidst set den 27-11-2018

Varmepumpe virkemåde – I bunden <https://dansk-energi-center.dk/faq/varmepumpens-virkemade> - Hjemmesiden sidst set den 27-11-2018

Videnskabsteori -

<https://www.kdm.aau.dk/studiehaandbog/projektrapporten/videnskabsteori/> - Hjemmesiden sidst set den 11-12-2018

Ydelse - <http://solcelleforening.dk/fakta/tal-og-fakta/> - Hjemmeside sidst set den 27-11-2018

## Figur liste

|  |           |
|--|-----------|
| <i>Figur 1, Kritiske punkt.....</i>                                    | <i>19</i> |
| <i>Figur 2, Egen konstruktion.....</i>                                 | <i>20</i> |
| <i>Figur 3, ODP &amp; GWP, Egen konstruktion .....</i>                 | <i>21</i> |
| <i>Figur 4, TEWI-beregning.....</i>                                    | <i>26</i> |
| <i>Figur 5, CO<sub>2</sub> udledning i procent.....</i>                | <i>27</i> |
| <i>Figur 6, Principskitse overskudsvarme COOP - Fakta Haslev .....</i> | <i>30</i> |
| <i>Figur 7, Måleroversigt.....</i>                                     | <i>31</i> |
| <i>Figur 8, Varmepumpe virkemåde .....</i>                             | <i>33</i> |
| <i>Figur 9, Løsninger op mod hinanden, egen konstruktion.....</i>      | <i>45</i> |

## **Bilag**

**BILAG 1** (Varme og el Forbrug)

**BILAG 2** (Mail korrespondance)

**BILAG 3** (Fakta byggeprogram februar 2018 foreløbig)

**BILAG 4** (TEWI-beregning)

**BILAG 5** (Udledning i procent)

**BILAG 6** (Miljødeklarationer 2004-2017)

**BILAG 7** (PANASONIC)

**BILAG 8** (FAKTA GILLELEJE VARMEFORBRUG)

**BILAG 9** (SOLCELLEANLÆG PRIS)

**BILAG 10** (FAKTA ENERGIOPTIMERING)

**BILAG 11** (DATABLAD PÅ VARMEPUMPE)