

Udvikling og test af ny generation storkøkken- køle- og fryseskabe

Teknologisk Institut
Gram Commercial
EUDP



December 2013

Per Henrik Pedersen
Emil Jacobsen
Marcin Andreassen
Mads Aagaard Junker
Frederik Bramsen


Indhold

1	Resume	4
2	Baggrund	5
3	Formål.....	6
3.1	Delprojekt: Det generelle udviklingsforløb: Ecodesign og kølemøbler	10
3.1.1	Formål med det generelle forløb:	10
3.1.2	Informationsudveksling om ny teknologi og EU-arbejdet	10
3.2	Udviklingsforløb: Ny generation af storkøkken køle og fryseskabe	11
3.2.1	Baggrund:	11
3.2.2	Formål:	12
4	UDVIKLINGSFORLØB.....	14
4.1	Opstilling af beregningsmodel.....	14
4.2	Beregninger af forbedringer ved forskellige tiltag	18
5	Laboratorietest.....	26
6	Produktion af 0-serie til field-test.....	29
7	FIELD TEST	30
7.1	Måleudstyr.....	32
7.2	Analyse.....	33
7.2.1	Køl.....	33
7.2.2	Frys.....	35
7.3	Kompressor cyklus	37
7.4	Sammenligning.....	38
7.5	Brugernes feedback	38
8	Konklusion	39
	Appendiks A: Beregningsværktøjer	40
	Appendix B: Notat vedr. kompressorerne	48
	Appendix C: Simuleringsresultater.....	51
	Appendix D: Køleskab	59
	Appendix E: Notat vedr. elektriske emners effektforbrug.....	62
	Appendix F: Notat vedr. elektriske emners effektforbrug, tillæg.....	70
	Appendix G: Termografering	72
	Appendix H: Field-test-rapporter	77
	Appendix I - Data fra målekasserne	104
	Appendix J - Workshops	111





1 Resume

Gram storkøkkenkøleskabe og frysere er i forvejen de mest energieffektive og miljøvenlige apparater på markedet, og ”toppede” Elsparefondens og Go’Energis produktlister, inden disse lister blev nedlagt i forsommeren 2013.

Det er lykkedes, at gøre dem endnu mere energieffektive ved at skære yderligere godt 25 - 30 % af energiforbruget. Det er sket uden, at der er gået ud produkternes funktion.

Test i laboratoriet viste 29 % besparelse for køleskabet og 27 % besparelse for fryseskabet.

Den gennemførte field-test af 10 nye og 5 ”gamle” køleskabe viste en besparelse på 30 %. Det passer meget fint med laboratorietesten og forventningerne.

Der er gennemført en tilsvarende test af fryseskabe, men denne blev hæmmet af, at kun 2 referenceskabe udgør datagrundlaget. Gram havde svært ved at finde placeringer til disse reference-fryseskabe, og én af de solgte skabe nåede aldrig af blive opstillet, og 2 referenceskabe nåede aldrig at blive solgt. Derfor er sammenligningsgrundlaget for de gamle og de nye fryseskabe meget spinkelt. Sammenligningen mellem de 10 nye fryseskabe og de to reference-modeller viser en besparelse på ca. 20 % for de nye skabe, og det lidt mindre end forventet, og kan skyldes det spinkle datagrundlag.

Hvis man sammenligner fryseskabene med data fra en tilsvarende test for ca. 10 år siden, da de nuværende ”gamle” fryseskabe var nye, så får vi en besparelse på ca. 41 %.

Gram har parallelt med udviklingsprojektet gennemført et projekt med udvikling af nyt design, og i oktober 2013 blev de nye modeller, som går i produktion i 2014, fremvist på en stor messe i Milano. Disse modeller benytter den teknologi, som er udviklet i projektet og det nye design.



2 Baggrund

I forbindelse med Eco-Design direktivet fra 2005 er der på europæisk plan igangsat studier af, hvordan energimærkningskriterier og minimumskrav til energieffektivitet skal se ud for en række produkter.

Blandt de studier der er langt fremme er studier for kommercielle køleskabe og -frysere. Disse studier var så langt, at der forventedes fremlagt forslag til konkrete krav og kriterier for produkterne i løbet af 2011. Det viste sig, at det var vel optimistisk, idet forslag til energimærkningsordning og ecodesign-krav til storkøkken-køleskabe kom i 2012 og forventes vedtaget i løbet af nogle måneder (planlagt til december 2013, men bliver formentlig udskudt til februar 2014) og forslag til flaskekølere er endnu ikke fremlagt.

Energistyrelsen i Danmark har prioriteret dette EU-arbejde meget højt, og deltager meget aktivt i at skabe skrappe (men realistiske) krav til energieffektivitet for fremtidige produkter. Teknologisk Institut arbejder som konsulent for Energistyrelsen, og deltager som ”stakeholders” i en lang række af de studier, som er i gang i EU. Det drejer sig bl.a. om forskellige typer af kommercielle/professionelle køleskabe og -frysere, hvilket er et område, hvori dansk køleindustri har stor produktion af komponenter og færdige enheder, herunder professionelle kølemøbler som storkøkken-køleskabe og -frysere, flaskekølere, impuls-salgskølere, vinkølere, vaccinekølere, lavtemperaturfrysere, iscremefrysere m. m.

Det er meningen at studierne skal udmøntes i konkrete ordninger, som stiller krav til produkter. Det kan være energimærkningsordninger (som vi i dag kender fra bl.a. husholdningskøleskabe) og forbud mod de mest energiforbrugende apparater.

De kommende krav og kriterier giver en række udfordringer og muligheder for de danske producenter af energiforbrugende produkter og underleverandører af komponenter, der benyttes i disse produkter.

De kommende krav giver også store muligheder for de danske producenter, som traditionelt har stået stærkt med energieffektive og miljøvenlige produkter.

3 Formål

Der er ca. 500 mennesker direkte beskæftiget med produktion af professionelle kølemøbler hos Vestfrost Solutions i Esbjerg og Gram Commercial i Vojens. Hertil kommer et tilsvarende antal ansatte hos producenter af komponenter og andre underleverandører. Langt størstedelen af disse produkter eksporteres.

Formålet med projektet er at sikre, at den relativt store danske produktion af professionelle kølemøbler fremtidssikres, således at produkterne også i fremtiden vil være blandt de mest energieffektive og miljøvenlige, - og kan leve op til de kommende ecodesign-krav således, at de danske producenter har produkter, som kommer til at ligge i den allerbedste energiklasse i de energimærkningsordninger som vil blive indført i EU.

Danske produkter skal være ”best in class” og dette skal medvirke til at sikre konkurrenceevnen, eksport og beskæftigelse.

Udvikling af ”best in class” kølemøbler til supermarkeder, erhverv og offentlige institutioner

Codesign studier for kommercielle/professionelle kølemøbler er specielt rettet mod flaskekølere (herunder vinkølere), iscremefrysere, sodavandsautomater, storkøkken-køleskabe og frydere (plug-in-kølemøbler), supermarkeds-køle og –frysefondoler og kølereoler (”Remote kølemøbler”).

Codesign-studierne på disse produkter lægger indirekte op til, at der skal indføres en kombination af ordninger til at sikre, at det er de mest energieffektive kølemøbler, som installeres i fremtiden. I studiet gennemgås mulige ordninger som energimærkningsordninger, forbud mod de mest energiforbrugende apparater m.m. Der er gennemført to studier og sket en revision af energimærkningsystemet for husholdningskølemøbler:

- Lot12 ”Commercial Refrigeration quipment” (herunder flaskekølere)
- Entr Lot 1: Professional refrigeration (herunder storkøkken-køleskabe og frydere)
- Lot13: Endvidere er der gennemført en revision af Energimærkningsdirektivet for husholdningskøleskabe og frydere og herved er vinkølere blevet underlagt energimærkningsystemet.

Kommissionen har fremsat forslag til implementering af ordninger for Entr Lot 1, som bl.a. omfatter Grams produkter. Disse forventes at blive vedtaget i den Regulerende Komite indenfor nogle måneder, og det vil betyde, at de i projektet udviklede produkter fra Gram vil blive ”best in class”.

Kommissionen har igangsat et nyt studie i Lot12, og dette arbejde kører på fuldt tryk, og der forventes forslag til energimærkningsordninger og ecodesign-krav i løbet af 2014.

Der har i Danmark været stor fokus på dette område, og der har været tradition for at danske virksomheder i kølebranchen har markedsført energieffektive (og miljøvenlige) komponenter og produkter. Derfor har danske virksomheder et godt fundament for fremtidige stramme krav til produkter på dette område, og nærværende projekt skal sikre, at denne position fastholdes.

Kølemøbler består (lidt forenklet forklaret) af et kabinet, et kølesystem (som består af en række komponenter), et system til luftcirkulation og styringsautomatik. Adskillige udviklingsprojekter har demonstreret, at mange butikskølemøbler forbruger meget strøm, og der er et stort energibesparelsespotentiale. Tabellen på næste side viser en oversigt over forskellige tidligere F&U-projekter med professionelle kølemøbler:

Titel	J. nr. (ENS)	Producent, samarbejds-partnere	Resultat
Udvikling af energibesparende flaskekøler	731327/97-0141	Vestfrost, Coca-Cola	Ny energibesparende flaskekøler, markedsført af Vestfrost, se: http://www.teknologisk.dk/_root/media/13109_Flaskekøler.pdf
Udvikling af energibesparende og miljøvenlige storkøkkenkøleskabe og fryser	J.nr.731327/00-0122	Gram Commercial og brugere	Ny generation af storkøkkenkøleskabe og fryser. Se: http://www.hcfri.dk/_root/media/24176_920051_Case%20Gram%20Commercial%20ver1.pdf
“FEHA-projektet”, (Reduktion af varmetilførsel til kølemøbler)	J.nr.731327/01-0156	Bl.a. Vestfrost og Carlsberg	Ny generation (og nyt design) af flaskekølere. Se: http://www.teknologisk.dk/_root/media/24774_Flaskekøler.pdf http://www.refrigerantsnaturally.com/assets/files/download/pdf/glc2008/GLC_Presentation_Carlsberg.pdf
Energieffektive impulsølere	Elforsk	Vestfrost, PepsiCo og COOP	Projektet vandt ”Elforsk-prisen” 2011. Ny energibesparende impulsøl. Se: http://www.elforsk.dk/projektinfo.asp?m=4&projektID=145
Solcelledrevne vaccinekølere	1253/99-0009 og 33033-0297.	Danfoss, Vestfrost, WHO, UNICEF, UNEP, PATH, GTZ, World Bank, Greenpeace International	Solcelledrevet vaccinekøler uden batteri og med naturlige kølemidler (SolarChill A). Se: http://vestfrostsolutions.com/ http://www.solarchill.org/

Tabel 3-1: Oversigt over tidligere udviklingsprojekter med professionelle kølemøbler

Danske producenter af komponenter og apparater har udviklet teknologisk stærke produkter, som reducerer elforbruget, f.eks. kølekompressorer med variabel hastighed, automatik til styring af kølemøbler, kølemøbler med naturlige kølemidler m.m.

Danske producenter er leveringsdygtige i energieffektive apparater, men mangel på energimærkningsordninger eller andre værktøjer for købere og brugere at dette udstyr har ofte medført, at det er salgsprisen frem for den samlede ”life cycle cost”, som har været den største konkurrencefaktor.

Dette vil forhåbentlig blive ændret, når de nye ordninger bliver implementeret i EU.

Det høje teknologiske niveau, som danske producenter af komponenter og udstyr har, skal fastholdelse og sikres. I starten arbejdes mod, at deltagerne i projektet har produkter, som kan leve op til alle de scenarier, som er beskrevet i EU-studiet. Når der bliver mere konkrete regler i EU, skal alle danske producenter kunne levere produkter til at være ”best in class”.

Indhold:

Indholdet har bestået af to forløb:

1. Et generelt forløb, som alle deltagerne er med i, og som på generelt plan skal gøre danske producenter klar til at møde fremtidens udfordringer, herunder at teste komponenter og apparater efter den (eller de) standarder, som det måtte besluttes at benytte (Bl.a. EN ISO 23953). I det generelle forløb demonstreres ny teknologi og beregningsværktøjer, som kan hjælpe de deltagende virksomheder med at dimensionere energieffektive apparater. I det generelle forløb skal sikres, at deltagerne er a jour med udviklingen i de enkelte ecodesign-studier og de implementeringsforanstaltninger, som EU-kommissionen udarbejder forslag til efterfølgende. De industrielle partnere har her mulighed for at kommentere på rapporter og udkast til implementeringsforanstaltninger, således at Energistyrelsen får mulighed for at medtage disse synspunkter i implementeringsforhandlingerne i EU. I det generelle forløb er der sket vidensdeling mellem de deltagende virksomheder. Der er afholdt 4 workshops
2. Et specifikt forløb, hvor de enkelte producenter udviklede et optimeret produkt, som lever op til at være ”best in class”, ved hjælp af optimerede komponenter og optimerede kølemøbler (kabinetter). De udviklede produkter er testet efter relevant standard (som er EN ISO 23953 og EN153), og der er udarbejdet testrapporter, som producenterne kan benytte til at markedsføre deres produkter og øge konkurrenceevnen ved at gøre energieffektivitet til en konkurrencefaktor.



Deltagere:

Fremstillingsvirksomheder:

Vestfrost Solutions (flaskekølere og vinkølere)

Gram Commercial (storkøkken køl + frys)

Danfoss (komponenter: kompressorer, ekspansionsventiler og automatik).

SECOP (tidligere Danfoss Compressors) har deltaget i udviklingsforløbet og på de 4 workshops og specifikke møder med Gram Commercial og Vestfrost solutions.

EBM Papst er en stor tysk producent af ventilatorer og har deltaget i 3 ud af 4 workshops.

Teknologisk Institut (testlaboratorium og teknologisk vidensinstitution). Teknologisk Institut har været projektleder.

Styregruppe

Der blev nedsat en styregruppe med repræsentanter fra Energistyrelsen, de deltagende virksomheder og Teknologisk Institut. Der har været afholdt et styregruppemøde på Teknologisk Institut i efteråret 2012 med deltagelse af to repræsentanter fra EUDP-sekretariatet.

En repræsentant fra EUDP-sekretariatet deltog i den sidste workshop hos Vestfrost solutions i Esbjerg i april 2013.

En repræsentant fra Ecodesign-gruppen i Energistyrelsen har deltaget i to workshops, og har givet oplæg om status og fremdrift i EU Ecodesign-arbejdet og deltaget i diskussioner med branchen.

3.1 Delprojekt: Det generelle udviklingsforløb: Ecodesign og kølemøbler

3.1.1 Formål med det generelle forløb:

Dette delprojekt er et generelt forløb, som alle deltagerne er med i, og som på generelt plan skal gøre danske producenter klar til at møde fremtidens udfordringer, herunder at teste komponenter og apparater efter den (eller de) standarder, som det måtte besluttes at benytte (Bl.a. EN ISO 23 953). I det generelle forløb demonstreres ny teknologi og beregningsværktøjer, som kan hjælpe de deltagende virksomheder med at dimensionere effektive apparater.

I det generelle forløb er sikret, at deltagerne er a jour med udviklingen i de enkelte ecodesign-studier og de implementeringsforanstaltninger, som EU-kommissionen har udarbejdet forslag til. De industrielle partnere har her haft mulighed for at kommentere på rapporter og udkast til implementeringsforanstaltninger, således at Energistyrelsen har fået mulighed for at medtage disse synspunkter i implementeringsforhandlingerne i EU.

I det generelle forløb har deltagerne fået de nyeste informationer om forslag og anbefalinger fra Ecodesign-studierne og implementeringsforslag fra Kommissionen side. Dette har gjort, at de danske producenter er klar til så hurtigt som muligt, at få klargjort nye produkter, som vil kunne leve op til den bedste energimærkningsklasse samt selvklart at overholde ecodesign-krav til energieffektivitet m.v.

3.1.2 Informationsudveksling om ny teknologi og EU-arbejdet

Delprojekt 1 har bestået af 4 workshops med de deltagende virksomheder og med specifikke indbudte gæster, herunder Energistyrelsens medarbejdere, som er ansvarlige for ecodesign-arbejdet. På sidste workshop deltog Povl Frich, EUDP-sekretariatet.

Der er holdt en række indlæg fra alle partnere om nye tekniske muligheder samt om de igangværende Ecodesignstudier og implementeringsforslag, som Kommissionen fremlagde undervejs i forløbet.

Der var tale om meget konstruktive diskussioner, og alle deltagere udtrykte på sidste workshop tilfredshed med forløbet og ønskede en forsettelse af samarbejdet i et nyt fælles projekt i fremtiden. Referater og præsentationer fra de 4 workshops kan ses på dette link:

<http://www.teknologisk.dk/feha/30756>

Ét referat og én præsentation er dog ikke gengivet efter ønske fra SECOP, idet de indeholder fortrolige oplysninger. Teknologisk Institut er dog i besiddelse af disse dokumenter, og de kan fremvises for EUDP-sekretariatet, hvis det ønskes.

Teknologisk Institut har bistået Energistyrelsen med at beskrive forslag og kommentere på kommissionens forslag. Teknologisk Institut har ligeledes deltaget i en række møder i EU om disse emner.

Endvidere har der på hver workshop været generel erfaringsudveksling mellem de deltagende virksomheder, herunder erfaringer med de konkrete udviklingsforløb i delprojekt 2.1. og 2.2.

3.2 Udviklingsforløb: Ny generation af storkøkken køle og fryseskabe

3.2.1 Baggrund:

Gram Commercial udviklede i samarbejde med bl.a. Teknologisk institut og med økonomisk støtte fra Energistyrelsen en ny generation af energibesparende og miljøvenlige storkøkken-køleskabe og fryserne (J.nr.731327/00-0122 CO₂-midler 2. november 2000).

Produkterne var færdigudviklede og blev markedsført i 2003 og blev en kæmpe succes for Gram Commercial. De nye produkter sparede hhv. 47 % (frost) og 74% (køl) i forhold til den tidligere generation af storkøkken-kølemøbler, og resultaterne blev præsenteret på IIR Gustav Lorentzen-konference i Glasgow i 2004.

De nye produkter benytter naturligt kølemiddel (R290 propan) og R290-kompressorer fra Danfoss. De nye produkter er de mest effektive på markedet, og ”toppede” Elsparefondens/Go’Energis produktliste for energieffektive storkøkken-køleskabe og –fryserne, da de eksisterede.

Gram Commercial har fået en meget stor markedsandel for disse produkter, og nu begynder konkurrenterne at nærme sig den gode energieffektivitet, som Gram var den første til at markedsføre. Liebherr er den nærmeste konkurrent. Men også Foster (UK) og Electrolux Professional er ved at nærme sig.

Samtidig er der fremkommet en række nye tekniske muligheder, som vil gøre det muligt at foretage yderligere energieffektivitetsforbedringer, f.eks.:

- Nye optimerede kompressorer
- Nye ekspansionsventiler til styring af kølemiddelflow samt styring af dette (kan sikre bedre udnyttelse af fordampers overflade til varmetransmission og dermed mindre elforbrug)
- Nye effektive ventilatorer samt nye beregningsprogrammer til optimering af luftventilationen i kabinetter
- Nye muligheder indenfor PU-isoleringsiskum (microcelleskum m.m.)

Derfor ville Gram Commercial i dette projekt foretage en gennemgang og gennemgribende redesign af produkterne og udvikle en ny generation af professionelle storkøkken-køleskabe og –fryserne., således at man også i fremtiden er i front med energieffektive og miljøvenlige produkter.

Samtidig skal produkterne kunne leve op til at være i den bedste energiklasse i de fremtidige energimærkningsordninger i EU og selvfølgelig kunne klare minimumseffektivitetskrav – også i langtidsperspektiv.

Gram Commercial formodes at have ca. 50 % af markedet i Danmark og en ret stor markedsandel i Sverige, Norge, England, Holland og Tyskland. Derudover eksporteres ca. 8 % af produktionen til andre lande.



Figur 3-1: Billede af den hidtidige generation af storkøkkenkøleskabe og –frysere fra Gram Commercial. Disse produkter blev markedsført i 2003 og gør brug af naturlige kølemidler og sparede hhv. 74 % (køl) og 47 % (frost) el i forhold til den tidligere generation af storkøkkenkøleskabe og –frysere. Nu begynder udenlandske konkurrenter af ”bide Gram i haserne”, idet der kommer tilsvarende produkter fra f.eks. Liebherr. Derfor ønsker projektdeltagerne at forberede sig på, at produkter fra Gram Commercial også i fremtiden vil være i front og leve op til de bedste energiklasser i fremtidige energimærkningsordninger og kan leve op til selv de skrappeste ecodesign-krav.

3.2.2 Formål:

Formålet er at udvikle en ny generation af storkøkken-køleskabe og –frysere, som kan sikre at Gram Commercial – også i fremtiden vil være ledende med miljøvenlige, energieffektive og konkurrencedygtige produkter.

Målsætningen er, at den nye generation af produkter skal være endnu mere energieffektive sammenlignet med den gamle generation således at energiforbruget reduceres med yderligere 25 %

Samtidig benyttes selvsagt naturlige kølemidler med ingen eller minimal miljøpåvirkning.

Projektindhold:

1. Kortlægning af den benyttede teknologi i storkøkkenkøleskabe og –frysere. Der tages udgangspunkt i de eksisterende produkter fra Gram Commercial og konkurrerende produkter. Kortlægning af ny teknologi, som er fremkommet eller på vej, herunder nye optimerede kompressorer (f.eks. Danfoss SLV med variabel hastighed), ventilatorer, isoleringsskum, vacuumisoleringspaneler m.m.
2. Opstilling af beregningsværktøjer til brug for analyser af optimeringsmuligheder. Der tages udgangspunkt i de beregningsværktøjer, som blev udviklet i projektet fra 2000 – 2002, og disse



- tilpasses og moderniseres til nutidens software. De nye beregningsværktøjer ”tunes”, således model passer til testdata. Analyse af forskellige optimeringsmuligheder.
3. Design af første prototype af storkøkkenkøleskab og første prototype af storkøkkenfryseskab.
 4. Bygning af de første prototyper, som blev designet i henhold til punkt 3.
 5. Test af de første prototyper efter EN ISO 23953 i klimakammer på Teknologisk Institut og hos Gram Commercial. Udarbejdelse af testrapporter og analyse af resultatet.
 6. Design af og bygning af anden generation af prototyper.
 7. Test af anden generation af prototyper efter EN ISO 23953 i klimakamre på Teknologisk Institut. Udarbejdelse af testrapporter og analyse af resultatet.
 8. Bygning af ”0-serier” af 10 nye fryseskabe og 10 nye køleskabe til field test
 9. Indkøb af instrumenter og klargøring af måleudstyr til field test. Udpegning af værter til field test af 10 nye og 5 gamle køleskabe og tilsvarende 10 nye og 5 gamle fryseskabe.
 10. Opstilling af enheder til field test, opstart af instrumenter.
 11. Indsamling af måledata og udarbejdelse af testrapporter efter 1 måned, 3 måneder, 6 måneder, 9 måneder og 12 måneder.
 12. Indsamling af testudstyr. Udarbejdelse af samlet rapport for projektet.

4 UDVIKLINGSFORLØB

I forbindelse med de fire workshops blev der præsenteret en hel del nye tekniske muligheder med nye ventilatorer, nye kompressorer, nye ekspansionsventiler og nyt kontroludstyr. Derfor havde vi hurtigt i projektet et godt grundlag for – ved hjælp af beregningsprogrammer – at vurdere effekten af forskellige tiltag.

I udviklingsforløbet blev der endvidere afholdt specifikke projektmøder, hvor de forskellige mulige tiltag blev diskuteret og vurderet, dels ud fra energibesparelspotentiale og dels ud fra omkostninger.

4.1 Opstilling af beregningsmodel

Der er udarbejdet en række programmer og modeller i regneark, EES og i termisk FEM program kaldet Comsol Multiphysics. I det følgende gives et kort status på arbejde med fokus på følgende:

- Varmeindfald via vægge
- Kuldebro
- Luftskefter

Varmeindfald via vægge

Der er udarbejdet et Excell regneark der medtager dimensioner af køle/fryseskabet. I regnearket har man mulighed for at justere på køleskabets dimensioner og afprøve forskellige isoleringstykkelser samt isoleringsmateriale.

I regnearket bliver der beregnet, hvilket kuldetab der er via vægge ved en given temperaturdifferens og givne dimensioner af køle/fryseskabet, se også brugerfladen forneden.

Kabinet dimensioner

Parameter	Enhed	Værdi
Bredde, indv.	m	0.575
Bredde, udv.	m	0.695
Godstykkelser	m	0.060
Dybde, indv.	m	0.695
Dybde, udv. (uden dør)	m	0.755
Godstykkelser, bagvæg	m	0.060
Højde, indv.	m	1.480
Højde, udv.	m	1.600
Godstykkelser, top og bund	m	0.060
Dørtykkelse	m	0.045
Dybde, udv. (med dør)	m	0.800

Temperatur konditioner

Parameter	Enhed	Værdi
Oprindelig		25
Temperatur, omgivelser	°C	25
Temperatur, luft i skab	°C	-20

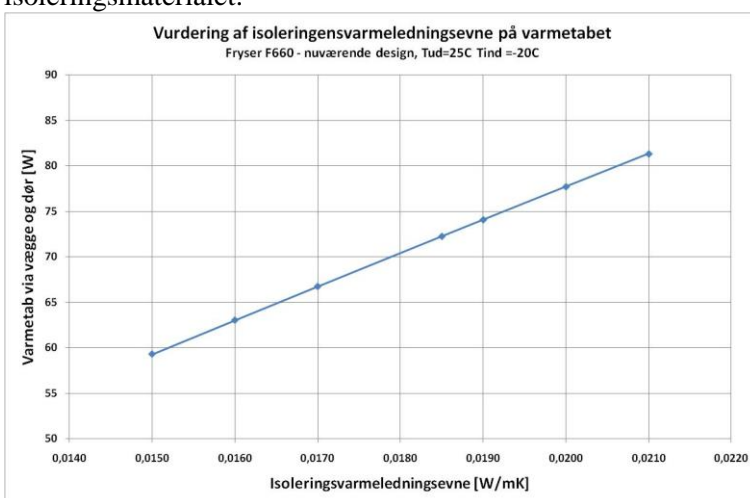
Isoleringsmaterialets -egenskaber

Parameter	Enhed	Værdi
Varmekonduktivitet, skum, +3°C	W/mK	0.0190
Isoleringsstykkelse, bagvæg	m	0.0600
U-værdi, bagvæg	W/m2K	0.298
Isoleringsstykkelse, sidevæg	m	0.0600
U-værdi, sidevæg	W/m2K	0.298
Isoleringsstykkelse, top og bund	m	0.0600
U-værdi, top og bund	W/m2K	0.298
Isoleringsstykkelse, dør	m	0.0450
U-værdi, dør	W/m2K	0.389

Kuldetab

Parameter	Enhed	Værdi
Faktor, kuldebro, dør	-	1.0
Faktor, kuldebro, væg	-	1.0
Kuldetab, dør	W	17
Kuldetab, bagvæg	W	13
Kuldetab, sidevæg	W	31
Kuldetab, top og bund	W	13
Kuldetab, i alt	W	74

I regnearket kan man bl.a. regne på, hvilken betydning isoleringsmaterialet har for varmetabet. I figuren forneden blev der brugt nuværende fryseskab dimensioner, og der blev ændret på varmeledningsevne af isoleringsmaterialet.



Figur 4-1: varmeindfaldet i kabinettet som funktion af varmeledningsevnen af isoleringsskummet.

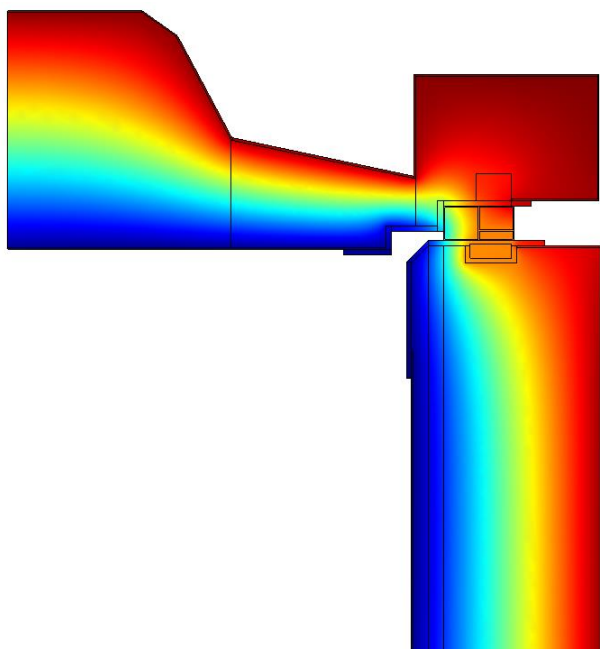
Kuldebro ved dørkanten

Der er udarbejdet en model af den nuværende tætningsliste i programmet Comsol Multiphysics. Der er tegnet et 2dimensionel udsnit af tætningslisten og del af kabinettet som dog er blevet lidt geometrisk forsimplet pga. beregningstekniske årsager, se også figur forneden. Programmet giver mulighed for at justere dimensioner på f.eks. tætningslisten og se, hvilken effekt dette har på varmeindfald og temperaturen på den udvendige side af tætningslisten.

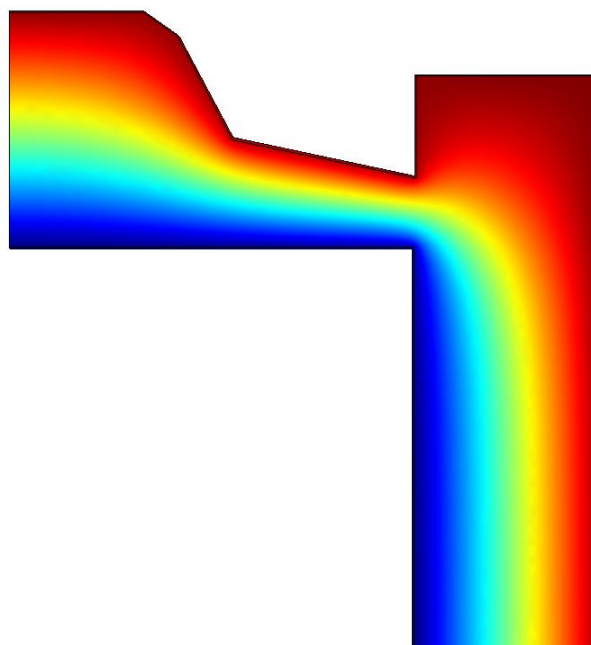
I det følgende vises et eksempel på en beregning. Der kigges på 2 cases.

- Case1: kabinet med nuværende tætningsliste
- Case2: kabinet uden tætningsliste dvs. fuld lukket kabinet (tænkt tilfælde). Denne beregning er udført for at finde ud af hvor meget ekstra varmeindfald man får pga. tætningslisten.

Case1

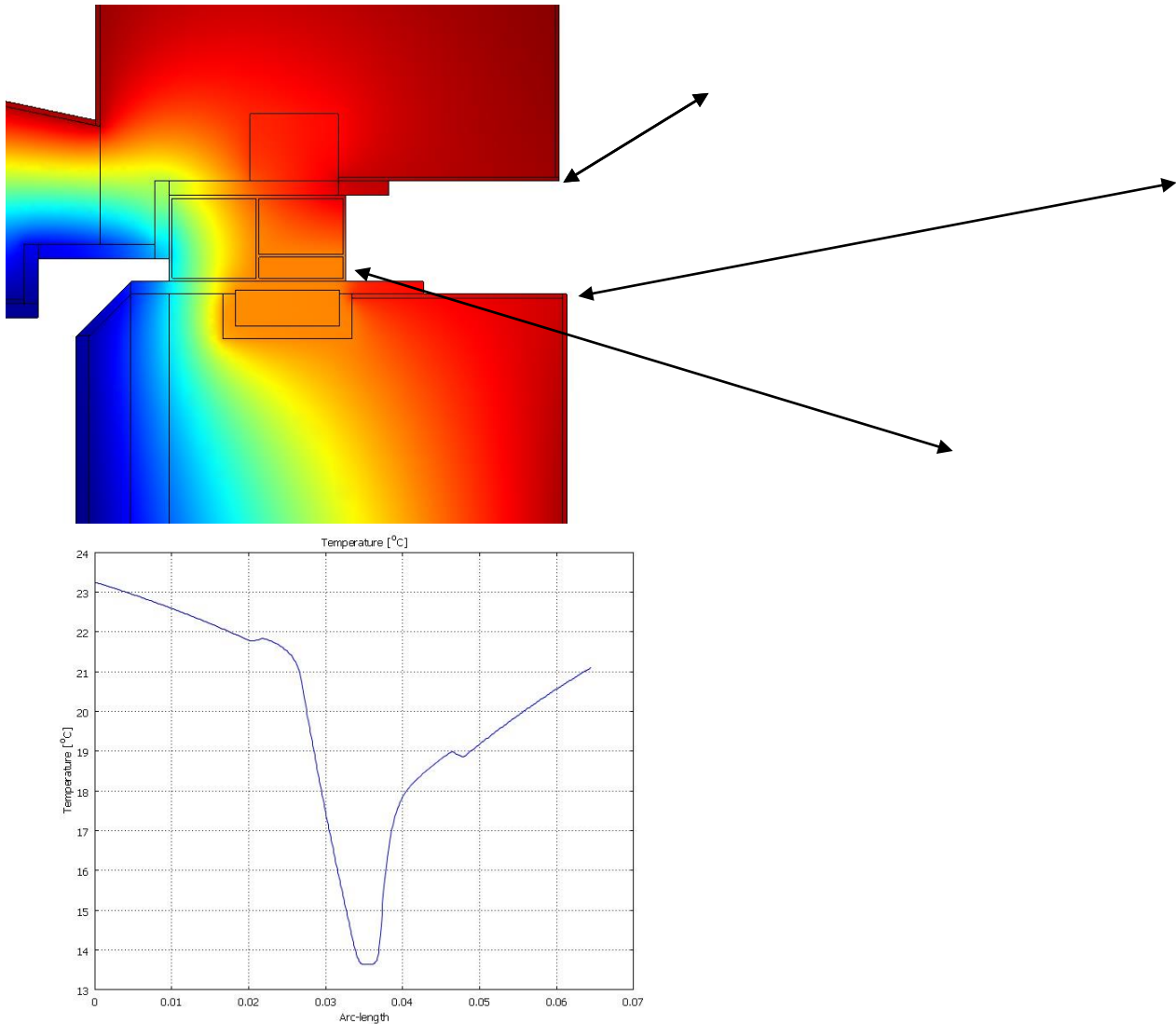


Case2



Figur 4-2: I modellen kan man beregne varmeindfaldet. For det givne udsnit i case 1 er varmeindfaldet 7,5W/m. For case 2 er varmeindfaldet 5W/m. Det er ved konditionerne $-20^{\circ}\text{C}/25^{\circ}\text{C}$. Dvs. der er ekstra varmeindfald pga. tætningslisten på 2,5W/m. Hvis man medtager den totale længde af listen som på nuværende kabinet design er 4,1m er det totale varmeindfald pga. dørlisten 10,25W.

Ud af programmet kan man også få informationer om temperaturen ved listen (se forneden). I dette tilfælde er den laveste temperaturen på udvendig side af listen omkring $13,5^{\circ}\text{C}$.

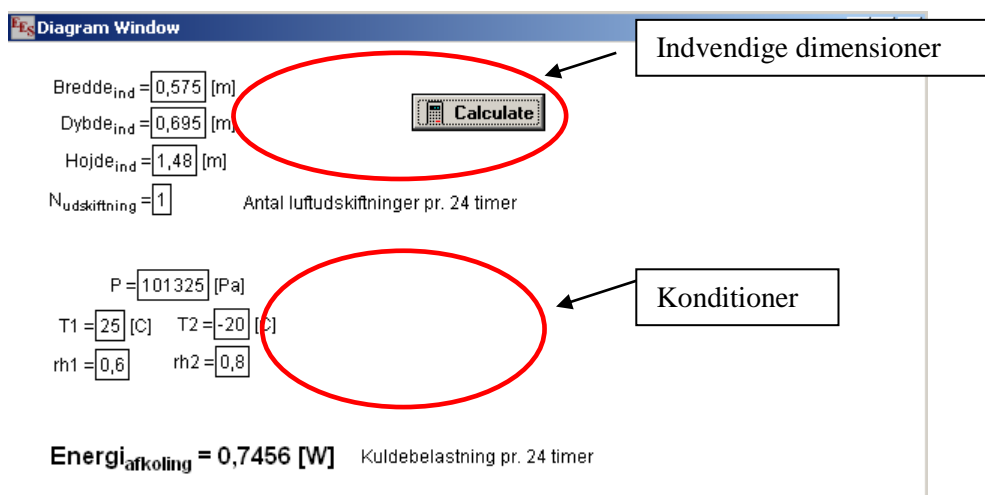


Figur: FEM beregninger på ovenstående tværsnit af dørsamlingen viser, at temperaturen på tætningslisten vil nå ned under 14°C på fryseskabet, og at der er fare for at der kondenseres vand fra luften (dimensioneringsdugpunktet er ca. 17°C). Det er derfor med denne geometri nødvendigt med et varmelegeme langs dørkanten. Som det vises i afsnit 4.2 har Gram og TI arbejdet med at reducere/eliminere behovet for kantvarme på fryseskabet.

Luftskifte

Der er udarbejdet et lille program i EES (se brugerfladen forneden). Programmet kan regne på, hvad de har af betydning, hvis man skifter den kolde luft i køle/fryseskabet med en varm luft fra omgivelser. Input-parametrene til beregningen er de indvendige dimensioner af skabet, udvendig og udvendig temperatur og luftfugtighed, samt hvor mange gange pr. døgn det forventes at man skifter luften ud i skabet.

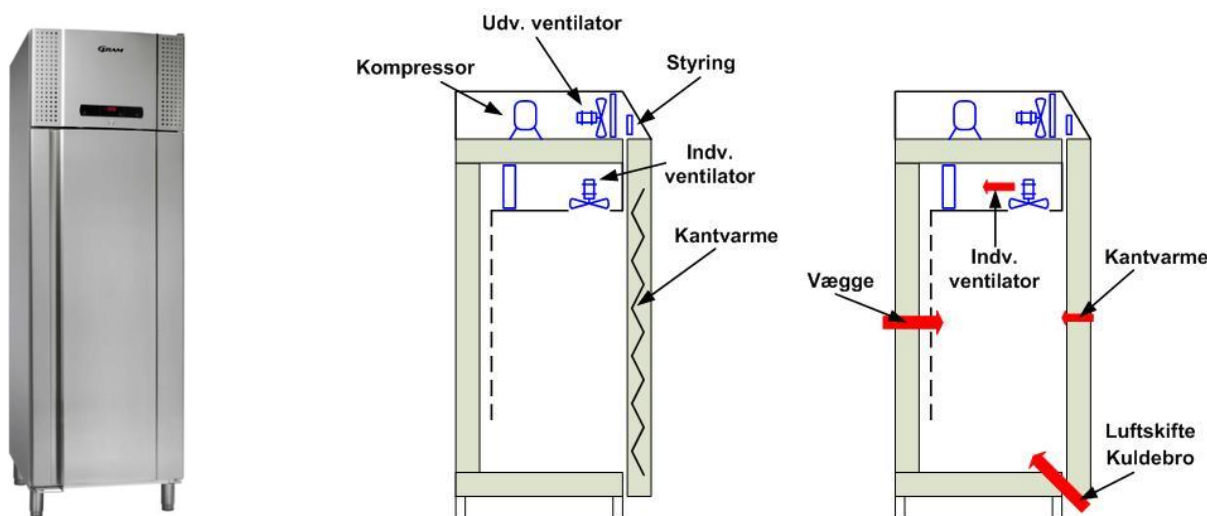
I beregningen forneden er der regnet på at der luftudskiftning 1 gang pr. døgn. Af beregningen kan man se at dette vil belaste køleanlægget yderligere med 0,7456W. Beregning medtager afkøling, indfrysning af vand på fordamperen samt det, at der dannes undertryk, og dermed suges der mere varmt luft ind i skabet.



Figur 4-3: EES brugerflade for programmet til luftskifte udregninger.

4.2 Beregninger af forbedringer ved forskellige tiltag

Billede og skitse af de vigtigste komponenter samt varmeindfald for fryseren og køleskabet er vist i figuren nedenunder. Generelt er der ikke meget forskel i opbygning af en fryser og et køleskab. I fryseren i modsætning til køleskabet er der monteret varmetråd i væggen ved døren, og det sikrer at der ikke dannes dug på udvendig side af møblet. Dette er ikke nødvendigt i køleskabet.



Figur 4-4: Billede og skitse af de vigtigste komponenter samt varmeindfald.

I tabellen nedenfor ses den beregnede kuldebelastning samt energiforbrug af de enkelte komponenter i de to møbler. De opgivne energiforbrug er indhentet fra tidligere rapport ” Energioptimering af storkøkken-køleskabe og -fryserer ” fra august 2003. For køleskabe er kuldebelastning beregnet på basis af 2°C indvendige temperatur i møblet og 25°C omgivelsestemperatur. For fryserne er kuldebelastningen beregnet på basis af -20°C indvendige temperatur i møblet og 25°C omgivelsestemperatur.

Kuldebelastning		Fryser	Køleskab
Indv. ventilator	W	9,4	7,9
Vægge og dør	W	74	38
Kuldebro	W	8,6	4,2
Kantvarme	W	4,7	0
Luftskifte ¹	W	0,75	0,4
Total fordampningsbelastning	W	97,45	50,5
Effektforbrug		Fryser	Køleskab
Kompressor ²	W	94,6	29,6
Udv. ventilator	W	7	2,5
Indv. ventilator	W	9,4	7,9
Styring	W	4,5	4,5
Kantvarme	W	15	0
Afrimning	W	15,4 (18)	0
Tyvandsvarmelegeme	W	0	0
Total Forbrug	W	159,4	58
	kWh	3,83	1,392

Tabel 4-1: Beregnede kuldebelastning målt energiforbrug.

Betragter man resultater i tabellen er det de samme tendenser, der slår igennem for de to kølemøbler. Den største kuldebelastning kommer fra varmeindfald via væg og dør. Samlet set i begge tilfælde står disse varmeindfald for omkring 75 % af den samlede kuldebelastning.

¹ Der regnes med 1 gang luftskifte pr. 24h

² Dette er en beregningsværdi. Effektforbrug er beregnet på baggrund af den oplyste COP i produktdatablade hvor der regnes på at kondenserings og fordampningstemperatur er $T_{\text{fordampning}} = -33^{\circ}\text{C}$; $T_{\text{kondensering}} = 39^{\circ}\text{C}$ for fryseren og $T_{\text{fordampning}} = -12^{\circ}\text{C}$; $T_{\text{kondensering}} = 39^{\circ}\text{C}$ for køleskabet

Betragter man effektforbrugende komponenter, så er kompressoren det komponent, der forbruger mest energi med et energiforbrug omkring 60 % af det samlede energiforbrug i møblerne.

Optimeringspotentiale

Baseret på resultaterne fra foregående afsnit foreslås det at fokusere på følgende tiltag der kan minimere energiforbruget:

- 1) Vægisolering: Tykkere isolering
- 2) Tætningsliste: Tætningslisten kunne gøres bredere og dermed bedre isolerende.
- 3) Indvendig ventilator: Mere effektiv ventilator / motoreffekt
- 4) Kompressor: Der er flere tiltag, der kan forbedre kompressorens energiforbrug
 - a. Bedre kondensator og bedre fordamper. Dette vil bevirke at kompressoren vil køre under mere fordelagtige trykforhold og dermed vil man kunne opnå bedre system COP.
 - b. Mere effektiv kompressor
 - c. Variabel hastighed kompressor

Vedrørende punkt 4c angående kompressor med variabel hastighed så kom der datablade på kompressorer fra Cubigel NLT45FSN og NPT12FSC. Disse er variabel hastighed kompressorer, hvor hastigheden kan reguleres fra 1800 rpm – 3600 rpm. Foreløbig opgiver producenten COP-værdier kun ved én fordampningstemperatur. Værdierne kan ses i tabellen forneden:

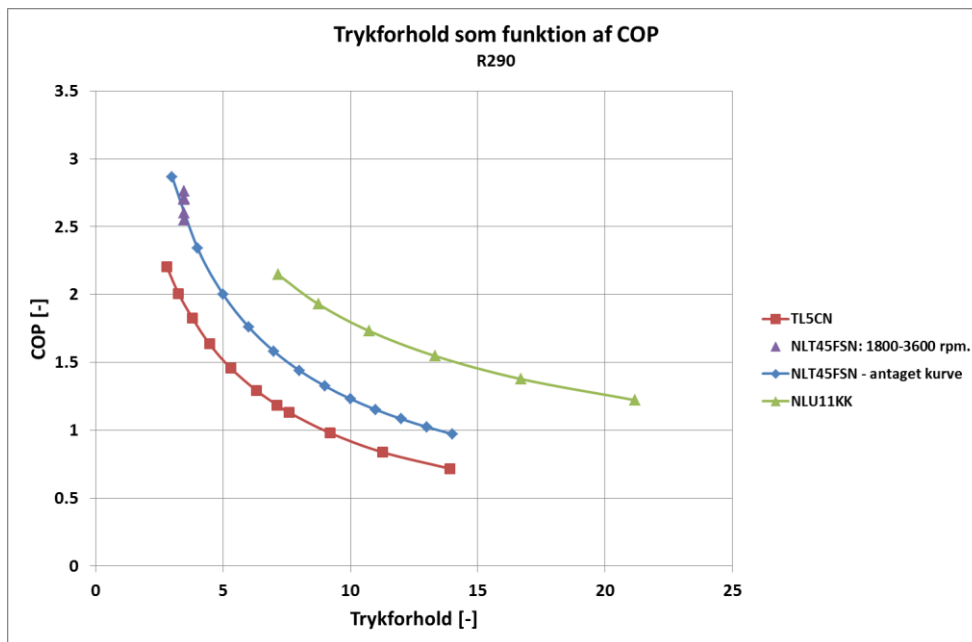
NLT45FSN (Fordampningstemp.=5C, Kondeseringstemp.=55C)					
Hastighed (rpm.)	1800	2100	2400	3000	3600
COP	2,71	2,76	2,7	2,6	2,55
NPT12FSC (Fordampningstemp.=25C, Kondeseringstemp.=55C)					
Hastighed (rpm.)	1800	2100	2400	3000	3600
COP	1,18	1,28	1,26	1,25	1,22

Tabel 4-2: Oplyste COP værdier fra Cubigel.

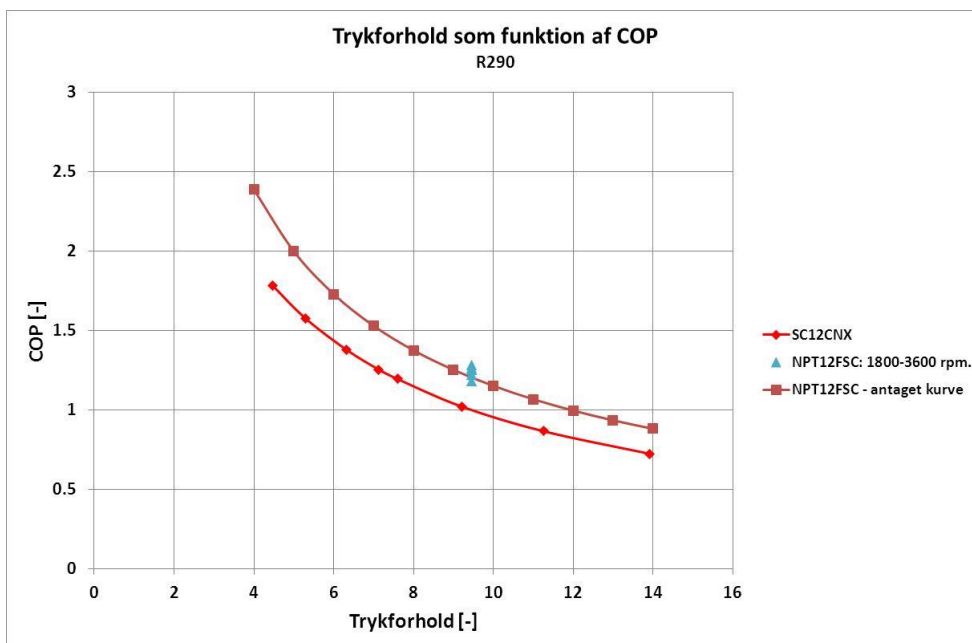
På et senere tidspunkt i projektet tilbød SECOP en ny kompressor, NLU11KK til kølemøblet. Kompressoren opererer med R600a som kølemiddel. I figurene herunder er der plottet COP værdierne for TL5CN kompressor som er placeret i kølemøblet og SC12CNX kompressor som er placeret i fryseren. Desuden er der i de to figur plottet de tilgængelige data for variabel hastighed kompressorer fra Cubigel NLT45FSN og NPT12FSC samt SECOP kompressor NLU11KK.

Data fra Cubigel leverandører antyder at begge variabel hastighed kompressorer er mere effektive end nuværende kompressorer. Det gælder hele driftsområdet dvs. 1800-3600 rpm. SECOP kompressor er også væsentlig mere effektive.

På grund af manglende oplysninger om COP ved andre fordampningstemperaturer antages det at COP udvikling følger udviklingen som hos Danfoss kompressorerne med forskydning. Det er kurven på grafen der hedder "NLT45FSN-antaget kurve" og "NPT12FSC-antaget kurve". Disse antagne kurver anvendes i de videre beregninger. Dette kan give foreløbig indikation vedrørende besparelspotentiale indtil uddybende informationer modtages fra leverandøren.



Figur 4-5: COP som funktion af trykforhold (Køleskab).



Figur 4-6: COP som funktion af trykforhold (Fryseren).

I tabellerne herunder er der vist kapaciteter for nuværende kompressorer og disse er sammenlignet med NLT45FSN og NPT12FSC. Det skal dog tilføjes at data ikke er fuldt sammenlignelige da TL5CN og SC12CNX oplyser værdierne ved kondenseringstemperaturen på 45°C mens NLT45FSN og NPT12FSC oplyser værdierne ved kondenseringstemperaturen på 55°C. Ikke desto mindre tyder det på at Cubigel kompressorerne passer fint i størrelsen.

Desuden vises data for en fast speed SECOP kompressor NLU11KK med R600a som kølemiddel som kan anvendes i kølemøblet. Data for kompressoren er også vist i tabel 3.

Kompressorer fra Cubigel og SECOP virker meget interessante da det tyder på at de er væsentlig mere effektive samt at kompresserne dækker arbejdsområdet fint.

Fordampningstemperatur [°C]		-25°C	-15°C	+5°C
TL5CN ($T_{\text{kond}}=45^{\circ}\text{C}$)	Kapacitet [W]	183	283	586
NLT45FSN - 1800 rpm ($T_{\text{kond}}=55^{\circ}\text{C}$)	Kapacitet [W]	75	133	353
NLT45FSN - 3600 rpm ($T_{\text{kond}}=55^{\circ}\text{C}$)	Kapacitet [W]	150	264	695
NLU11KK – R600a ($T_{\text{kond}}=55^{\circ}\text{C}$)	Kapacitet [W]	149	247	NA

Tabel 4-3: Arbejdsområde for kompressorerne (køleskab).

Fordampningstemperatur [°C]		-40°C	-30°C	-25°C	-10°C
SC12CNX ($T_{\text{kond}}=45^{\circ}\text{C}$)	Kapacitet [W]	186	346	453	895
NPT12FSC - 1800 rpm ($T_{\text{kond}}=55^{\circ}\text{C}$)	Kapacitet [W]	115	196	257	521
NPT12FSC - 3600 rpm ($T_{\text{kond}}=55^{\circ}\text{C}$)	Kapacitet [W]	216	393	506	-

Tabel 4-4: Arbejdsområde for kompressorerne (fryseren).

Der er udført beregninger med de nye kompressorer fra Cubigel (NLT45FSN og NPT12FSC). Det skal dog understreges at pga. manglende oplysninger om COP ved andre driftskonditioner antages det at COP kurven følger den der er anvist i figurene, dermed skal beregningerne betragtes som vejledende indtil mere nøjagtige informationer fra leverandøren modtages.

Det viste sig senere, at satsningen på Cubigel-kompressor var en blindgyde, da det aldrig lykkedes at skaffe kompressorerne. Samtidig opstod en ny mulighed med de nye SECOP-kompressorer.

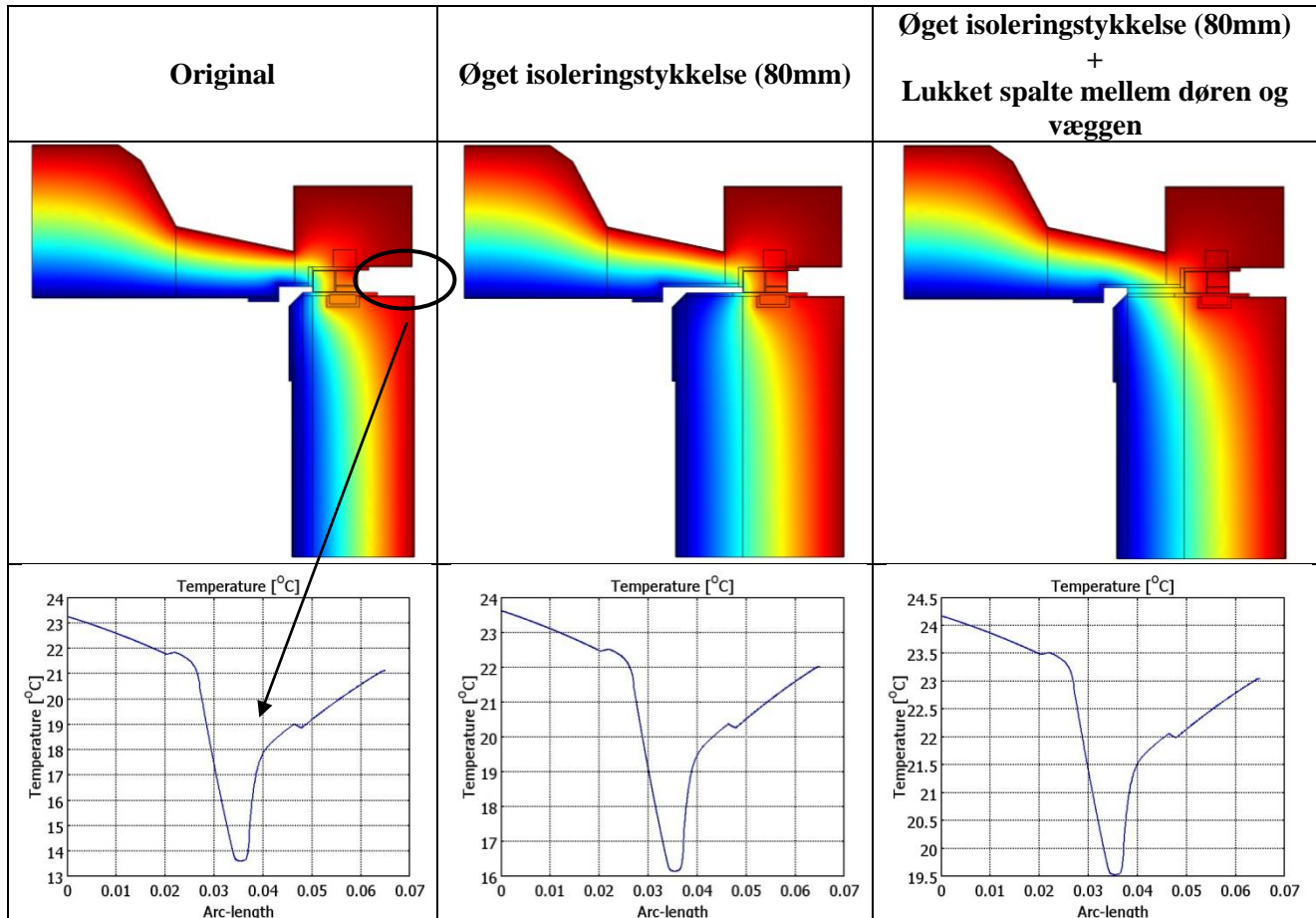
De gennemførte beregninger er beskrevet i følgende tabel:

Betegnelse	Forklaring
1 Væg	Isoleringstykkelse forøges med 20 mm. i sider og ryg samt 10 mm. i top og bund
2 Væg + Liste	Isoleringstykkelsen forøges med 20 mm. i sider og ryg samt 10 mm. i top og bund + Spalte mellem døren og væggen lukkes. Se tabel 6.
3 Vent.	Beregning ikke gennemført endnu – mangler ventilator
4a Kom.	Fordampningstemperatur øges med 1°C og Kondenseringstemperatur reduceres med 1°C
4b Kom.	NLU11KK med R600a i køleskabet
4c Kom.	NLT45FSN som kører med 1800 rpm. i køleskabet og NPT12FSC som kører med 1800 rpm. i fryseren
5 Væg + Liste + Kom	Isoleringstykkelsen forøges med 20 mm. i sider og ryg samt 10 mm. i top og bund + Spalte mellem døren og væggen lukkes + ny variabel hastighed kompressorer fra Cubigel (NLT45FSN og NPT12FSC)
6 Væg + NLU11KK	Isoleringstykkelsen forøges med 20 mm. i sider og ryg samt 10 mm. i top og bund + ny kompressor fra SECOP NLU11KK med R600a i køleskabet

Tabel 4-5: Forklaring af gennemførte beregninger.

På næste side ses geometri af fryseren med original vægtykkelse samt en vægtykkelse der er udvidet med 20 mm. Desuden er der vist temperatur ved tætningslisten på den udvendige side af fryseren. Ved 25 °C og fugtighed RH=60% skal temperaturen omkring tætningslisten holdes over 17°C for at der ikke dannes dug. Af figurene kan man se at ved en øget isoleringstykkelse forventes det at temperaturen øges et par grader på

den udvendige side. Det begrundes med at der forventes en begrænset luftcirkulation i den smalle spalte mellem døren og væggen på den indvendige side af fryseren. Hvor meget luftcirkulationen begrænses er det dog svært at udtale sig om. Ikke desto mindre forventes det, at temperaturen vil stige men dog at den stadig vil ligge under dugpunktet dermed er kantvarmen påkrævet. I den sidste figur lukkes denne spalte så man fortrænger luften væk fra spalten. Det forventes at dette vil øge temperaturen yderligere som nu ligger over dugpunktet i niveau omkring 19,5 °C. Dvs. det tyder på at ved at øge vægisolering samt udfylde spalten behøver man ikke at have kantvarme.



Tabel 4-6 Temperaturforholdene omkring tætningslisten. Fra venstre: original design, et design med øget vægtykkelse, en design med øget vægtykkelse og lukket spalte.

Resultaterne præsenteres i de to næste tabeller:

Fryseren

Kuldebelastning		Original	1 Væg	2 liste + væg	4a Kom	4c Kom NPT12FSC 1800rpm	5 liste + væg + kom
Indv. ventilator	W	9.4	9.4	9.4	9.4	9.4	9.4
Vægge og dør	W	74	60	60	74	74	60
Kuldebro	W	8.6	8.5	3.8	8.6	8.6	3.8
Kantvarme	W	4.7	4.7	0	4.7	4.7	0
Luftskifte	W	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Total fordampbelastning	W	97.45	83.35	73.95	97.45	97.45	73.95
Effektforbrug		Original	1 Væg	2 liste + væg	4a Kom	4c Kom NPT12FSC 1800rpm	5 liste + væg + kom
Kompressor	W	94.6	80.9	71.8	89.9	78.1	59.3
Udv. ventilator	W	7	7	7	7	7	7
Indv. ventilator	W	9.4	9.4	9.4	9.4	9.4	9.4
Styring	W	8	8	8	8	8	8
Kantvarme	W	15	15	0	15	15	0
Afrimning	W	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4
Genfordampning	W	10	10	10	10	10	10
Total Forbrug	W	159.4	145.7	121.6	154.7	142.9	109.1
	kWh	3.83	3.50	2.92	3.71	3.43	2.62
Besparelse	%	-	8.6	23.7	2.9	10.4	31.6

Tabel 4-7: Resultaterne af beregningerne ved $T_{ind}=-20^{\circ}C$ og $T_{ud}=39^{\circ}C$; $T_{ford}=-33^{\circ}C$ $T_{kond}=39^{\circ}C$ – Fryseren

Køleskabet

Kuldebelastning		Original	1 Væg	2 liste + væg	4a Kom	4b Kom NLU11KK R600a	4c Kom NLT45FSN 1800rpm	5 liste + væg + kom	6 Væg + NLU11KK R600a
Indv. ventilator	W	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9
Vægge og dør	W	38	31	31	38	38	38	31	31
Kuldebro	W	4.2	4.2	1.9	4.2	4.2	4.2	1.9	4.2
Luftskifte	W	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Total fordampbelastning	W	50.5	43.5	41.2	50.5	50.5	50.5	41.2	43.5
Effektforbrug		Original	1 Væg	2 liste + væg	4a Kom	4b Kom NLU11KK R600a	4c Kom NLT45FSN 1800rpm	5 liste + væg + kom	4b Kom NLU11KK R600a
Kompressor	W	29.6	25.5	24.2	28.5	17.8	22.2	18.1	15.3
Udv. ventilator	W	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Indv. ventilator	W	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9
Styring	W	2	2	2	2	2	2	2	2
Kantvarme	W	0	0	0	0	0	0	0	0
Afrimning	W	0	0	0	0	0	0	0	0
Genfordampning	W	10	10	10	10	10	10	10	10
Traffo ???	W	6	6	6	6	6	6	6	6
Total Forbrug	W	58	53.9	52.6	56.9	46.188	50.6	46.5	43.7
	kWh	1.392	1.294	1.262	1.366	1.109	1.214	1.116	1.049
Besparelse	%	-	7.1	9.3	1.9	20.4	12.8	19.8	24.7

Tabel 4-8: Resultaterne af beregningerne ved $T_{ind}=2^{\circ}C$ og $T_{ud}=25^{\circ}C$; $T_{ford}=-12^{\circ}C$ $T_{kond}=39^{\circ}C$ – Køleskabet



Opsummering

Ovenstående beregninger viser at det er nødvendigt at kombinere flere tiltag for at reducere energiforbruget med 25 %. Det mest oplagte sted at tage fat er vægisolering. Med en forøgelse af vægisolering med 20mm i sider og ryg samt 10 mm i top og bund kan energiforbrug reduceres med 8,5 % i fryseren og 7,1 % i køleskabet.

Forbedringer ved tætningslisten, hvor spalten mellem døren og væggen lukkes vil energiforbruget kunne yderligere reduceres. Dette er mest udpræget i fryseren, hvor alt tyder på at kantvarme kan spares væk. Energiforbruget reduceres med 23 % i fryseren og 9,3 % i køleskabet når man både øger isoleringstykkelsen og lukker spalten.

Det er også nødvendig at se på tiltag vedrørende kompressor for at reducere dens energiforbrug. Her kan man se på 3 tiltag:

1. Bedre kondensator og bedre fordamper
2. Mere effektiv kompressor
3. Variabel hastighed kompressor

Variabel hastighed NPT12FSC kompressorerne fra Cubigel så ud til at være en oplagt kandidat som en alternativ kompressor i fryseren. Det viste sig sidenhen at være en blindgyde.

Fast speed kompressorerne fra SECOP NLU11KK ser ud til at være en oplagt kandidat som en alternativ kompressor i køleskabet. Dens arbejdsområde samt forbedret COP taler for denne kompressor. Hvis man øger isolering samt anvender denne kompressor tyder det på at energiforbruget reduceres med ca. 24,7%.

NLT45FSN kompressor fra Cubigel så også ud til at være et godt alternativ. Den har bedre COP samt dækker arbejdsområdet fint. Med en øget isolering og forbedret tætningsliste tyder det på at energiforbruget reduceres med ca. 19,8%.

I senere laboratorietest og i fieldtesten er der i fryseskabet benyttet en SECOP kompressor: NLU11CNK. Det har ikke været muligt, at få datablade for denne, da den er helt ny, og derfor er der ikke foretaget beregninger for denne kompressor.

5 Laborrietest

Komponenttest hos Teknologisk Institut

Teknologisk Institut gennemførte test af el forbrugende komponenter, som benyttes i køle- og fryseskabene: Ventilatorer, lys strømforsyninger, varmelegemer m.m. resultaterne af disse test kan ses i appendiks E.

En af de mest interessante iagttagelser er, at der er en masse at spare ved at udskifte skyggepolmotorer med permanentmagnetmotorer.

3 af de leverede kondensatorer med påbygget ventilatorer havde skyggepolmotorer. Ved at skifte motoren til en Ebm Papst-motor kunne man spare hhv. 78 %, 61 % og 52 % af ventilatorens elforbrug (se appendiks E).



Figur 5-1: Originalt monteret skyggepolmotor. Set ovenfra.



Figur 5-2: Eftermonteret permanent magnet motor. Set ovenfra.

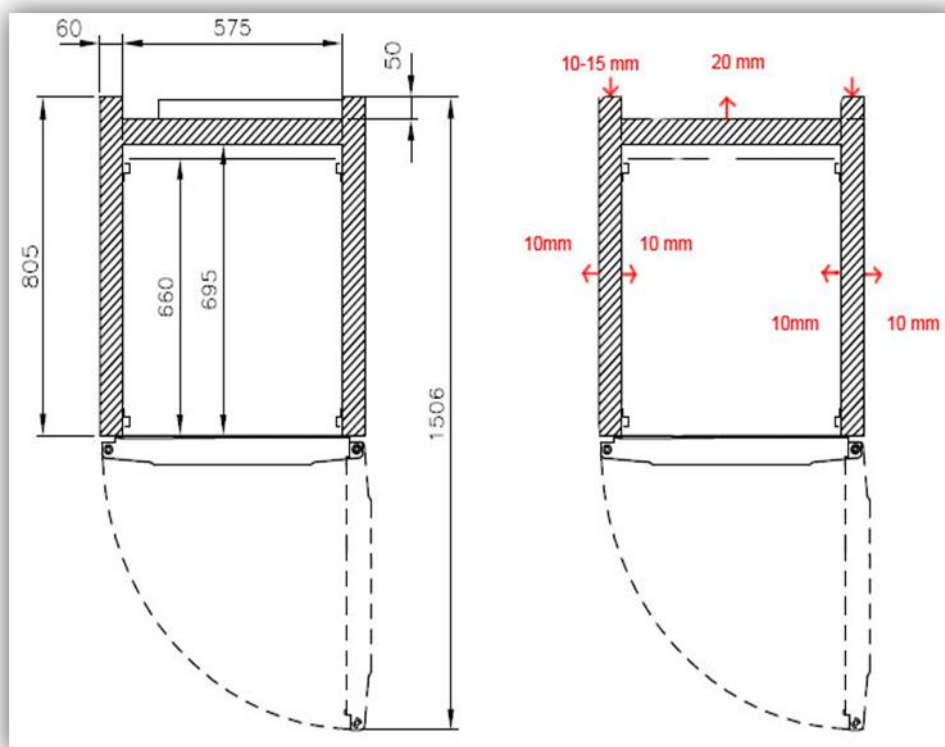
Test hos Gram Commercial:

Som det fremgår af beregningerne i afsnit 4.2, kan man spare henholdsvis 7 % på køleskabene og 9 % på fryseskabene i energiforbrug ved at øge isoleringstykkelsen. Inde i kabinettet på siderne er der en luftspalte på ca. 10 mm. på hver side af hylderne. Med et nyt hyldeophængssystem er der mulighed for at udnytte dette volumen til ekstra isolering.

Derfor gennemførte Gram et forsøg med et skab, som blev testet efter EN441 før- og efter, at der er monteret træplader i de to spalter. Formålet var at undersøge, om udnyttelsen af dette volumen vil have en negativ virkning på luftstrømningen og temperaturfordelingen i skabet.

Resultatet viser, at det ikke forstyrrer luftstrømningen, og at det ikke medfører større temperaturvariationer.

Derfor valgte Gram, at satse på at udnytte dette volumen til ekstra isolering og samtidig gøre skabene lidt bredere udvendigt, så den samlede isoleringstykkelse øges fra 60 mm til 80 mm PU-skum.



Figur 5-3: Billedet viser, hvordan isoleringstykkelsen forøges fra 60 til 80 mm.

Gram fremstillede to prototype skabe med de nye dimensioner til test i klimakammer, og de viste energibesparelse på ca. 12 % for køleskabet og ca. 9 % for fryseskabet, og det passer fint med beregningerne.

I forbindelse med det 2. workshop (som afholdtes hos SECOP i Flensborg) fremkom en ny mulighed. SECOP tilbød at fremstille to nye kompressorer til projektet (og til Gram): SECOP NLU11KK (R600a) og SECOP NLU11CNK (R290), og Gram modtog prøver af disse to kompressorer.

Gram monterede de to kompressorer på de to tidligere nævnte kabinetter og testede dem i klimakammer efter EN441.

Resultatet blev:

Køleskab: Energiforbrug: 0,973 kWh/24h.
Samlet reduktion ift. ”før-modellen”: 29 %

Fryseskab: Energiforbrug: 4,01 kWh/24h.
Samlet reduktion ift. ”før-modellen”: 27 %

Det er meget tilfredsstillende, og er bedre end lovet i projektmålsætningen (25%)!

Efter drøftelse med EUDP-sekretariatet besluttedes at satse på dette koncept i field-testen og i kommercialiseringen af den nye generation af Gram storkøkkenkølemøbler.



Nyt design

Parallelt med EUDP-projektet gennemførte Gram et projekt med udvikling af nyt design til den kommende generation af storkøkkenkøleskabe.

Det nye design nåede ikke at blive færdig til gennemførelse af fieldtesten, og de gamle design blev benyttet i tilpasset form ifm. field-testen. Selve designet formodes at have ringe (eller ingen) effekt på strømforbruget.

De nye design blev klar op til en stor messe i Milano i slutningen af oktober 2013, og 2014-modeller af Gram storkøkkenkølemøbler blev fremvist her. Det nye design kan ses på forsiden af denne rapport, hvor et Gram apparat er under test i klimakammer på Teknologisk Institut i Taastrup.

6 Produktion af 0-serie til field-test

Gram fremstillede i forsommeren 2013, tyve nye kabinetter (med ændrede dimensioner) til brug i field-test af 10 nye køleskabe og 10 nye fryseskabe. Det foregik uden for normal arbejdstid, da det var præget af meget manuelt arbejde. Maskinerne var indstillet til de ”gamle” dimensioner.



Figur 6-1: Test af et af Grams kølemøbler med tilrettede dimensioner. Der er beskyttelsesfilm på den rustfrie ståldør.

Skabene blev funktionstestet før de blev monteret med målekasse og gjort klar til afsendelse til field-testen sammen med 5 + 5 stk. ”gamle” apparater.

7 FIELD TEST

Dette kapitel indeholder en beskrivelse af udførelsen og resultaterne fra fieldtesten af den nye generation storkøkken køle og fryseskabe fra Gram Commercial. Måleperioden for fieldtesten har foregået fra juli 2013 til slutningen af november 2013. Test skabene har haft varierende opsætningsperioder, og derfor er nogle skabe kommet senere i gang i testen end andre skabe. Forudgående for testperioden har der været aktiviteter for produktion og klargøring af målekasser, produktion af skabene med påsat måleudstyr, planlægning af samt opsætning hos brugerne, analyser og rapporteringer. Statusrapporter fra fieldtesten ses i Appendix H: Field-test-rapporter.

I testen har der indgået 27 skabe i alt. For køleskabene har der været 10 ny generations skabe og 5 reference skabe. Fryseskabene har været mere ulige fordelt, da kun 3 reference kunne blive opsat og et af dem aldrig nåede at blive taget i brug. Gram kunne ikke finde placeringer til de sidste to reference-fryseskabe, som var planlagt at skulle indgå i testen. For fryseskabe blev der (ligesom for køleskabene) testet 10 ny generations-skabe. Placeringerne i projektet har været fordelt mellem kantiner og fælles køkkener i skoler, restauranter, hospitaler, fængsler og virksomheder. I **Tabel 7-1** ses fordeling og placeringerne af skabene for køleskabene. Fryseskabene ses i **Tabel 7-2**. Skabenes individuelle måleperioder er vist i figuren, samt deres gennemsnitlige energiforbrug, åbninger per dag og temperaturforskel mellem omgivelserne og kabinettet over hele fieldtesten. De overordnede målinger gennem fieldtesten ses i Appendix I - Data fra målekasserne.



Figur 7-1: Testskabe placeret i kantinen på Stengaard skole under fieldtesten.

Køl	Navn	Måleperiode		kWh/dag	Åbninger/dag	T1-T2 [K]
Reference	Jyderup Statsfængsel	12-jul	25-nov	0,60	19,26	15,02
	Danske Bank Vejle	19-jul	27-nov	0,63	4,95	25,64
	Havregården Kostskole	08-aug	28-nov	0,94	38,02	21,51
	Nationalbibliotek	30-aug	25-nov	0,82	35,88	21,87
	Asia restaurant Odense	28-aug	25-nov	1,24	18,73	22,28
Ny gen.	Stengaard Skole	16-aug	29-nov	0,60	3,88	20,29
	Stengaard Skole	10-jul	29-nov	0,51	3,79	20,41
	Cafe Alma	12-jul	25-nov	0,97	37,76	29,25
	Harald Nyborg	19-jul	26-nov	0,86	8,24	21,10
	Stensagergården	19-jul	27-nov	0,41	11,87	19,29
	Cafe Inspirazione	19-jul	27-nov	0,54	22,14	25,45
	Carlsberg	16-aug	25-nov	0,54	18,43	21,85
	Strode Ralton	16-jul	29-nov	0,66	21,77	23,13
	Hillerød Hospital	08-aug	28-nov	0,54	8,65	22,80
	Bygningsstyrelsen	30-jul	25-nov	0,52	1,64	22,07

Tabel 7-1: Oversigt over placeringer af storkøkken køleskabe i fieldtesten. Inklusiv de enkelte skabes respektive måleperiode, energiforbrug, åbninger og middeltemperatur for hele fieldtest perioden.

Frys	Navn	Måleperiode		kWh/dag	Åbninger/dag	T1-T2 [K]
Reference	Jyderup Statsfængsel	12-jul	25-nov	3,13	8,27	36,32
	Horslunde Ældrecenter	26-aug	IKKE I BRUG			
	Helsingør Kongelig v/W. Zink	27-aug	28-nov	2,83	7,47	41,68
Ny gen.	Kommunikationscentret	27-aug	29-nov	2,38	2,60	44,04
	Cafe Inspirazione	19-jul	27-nov	2,56	18,86	45,12
	Lemvig-Møller A/S	19-jul	26-nov	2,46	3,35	47,99
	Bravida Danmark	17-jul	29-nov	2,49	2,50	42,80
	Hillerød Hospital	08-aug	28-nov	2,43	2,77	44,97
	Vridsløselille Statsfængsel	29-jul	29-nov	2,10	1,02	39,86
	Plejecenter Kildebakken	29-aug	27-nov	2,02	4,57	43,04
	Plejecenter Kildebakken	29-aug	27-nov	2,33	3,17	41,97
	Lemvig-Møller A/S	28-aug	25-nov	2,44	2,35	45,31
	Kjær Group	27-aug	26-nov	2,41	5,66	42,11

Tabel 7-2: Oversigt over placeringer for storkøkken fryseskabe i fieldtesten. Inklusiv de enkelte skabes respektive måleperiode, energiforbrug, åbninger og middeltemperatur for hele fieldtest perioden.

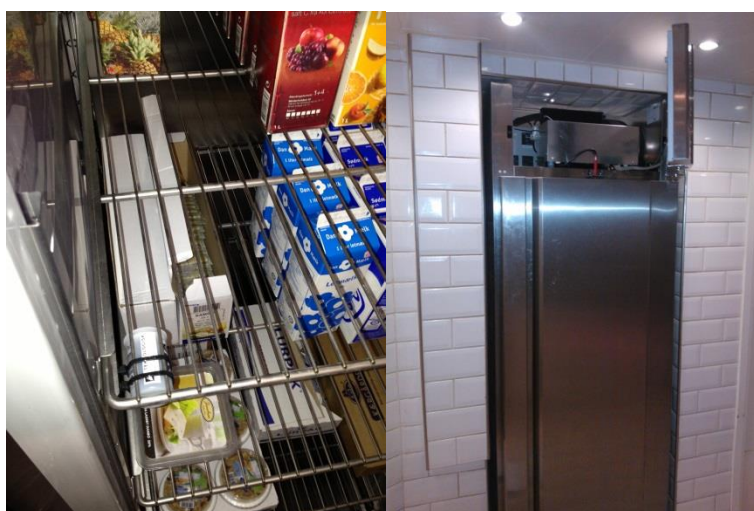
7.1 Måleudstyr

Måleudstyret i projektet er blevet lavet til at opsamle energiforbrug, samlet driftstid, tid for døråbninger, antallet af døråbninger, tid for kompressorkørsel og antallet af kompressorkørsler. Derudover er to temperaturloggere benyttet til at måle omgivelsernes temperatur omkring kondensatoren og temperaturen inde i skabet.



Figur 7-2: Målekasse monteret på fieldtest skab med temperaturlogger til omgivelserne monteret i forgrunden. Derudover ses de producerede målekasser inden de fremsendes til Gram Commercial for at blive monteret på test skabene.

På Teknologisk Institut blev 30 målekasser lavet til projektet. Målekasserne indeholdt en energimåler med tidsmåler og to målere til impuls og tid for henholdsvis døren og kompressoren. Målingerne for døren blev målt på lyset til døren. Kassen blev monteret med beslag på væggen ovenpå skabet mellem kompressor og kondensatorblæseren. Temperaturlogningerne blev taget med Gemini Tinytag temperaturloggere. Loggerne blev monteret med strips. Et eksempel på montagen ses på **Figur 7-2** i forgrunden, hvor man kan se loggeren til omgivelsestemperaturen. Inde i skabet blev loggeren monteret med strips under en hylde.



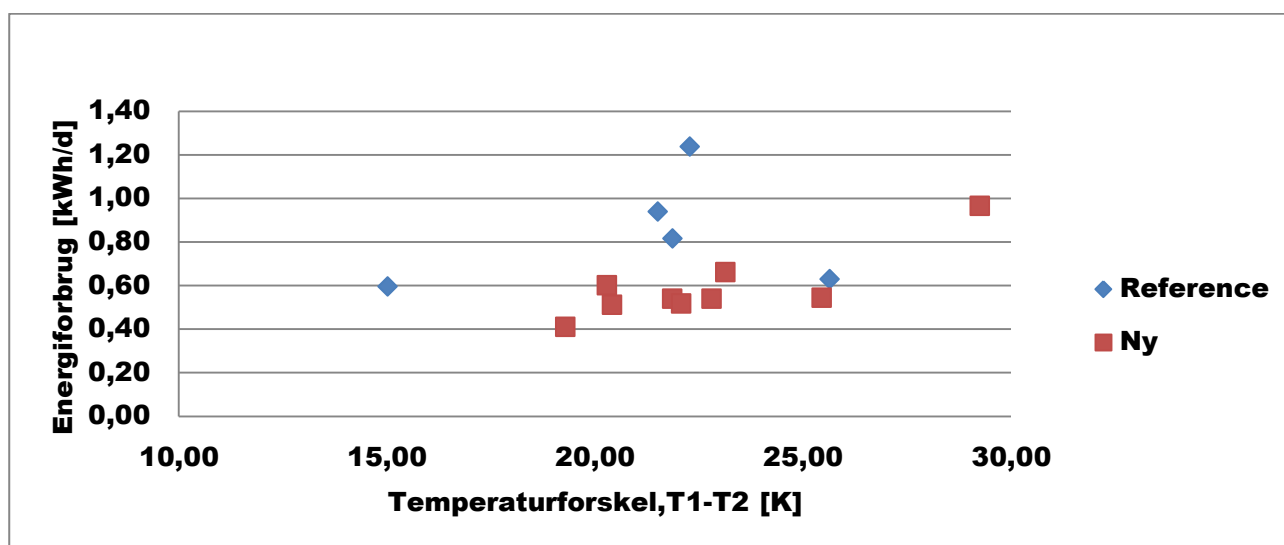
Figur 7-3: Temperaturlogger placeret inde i skabet og billede af fieldtest skabet hos Café Alma. Der er åbnet til målekassens placering ovenpå skabet.

7.2 Analyse

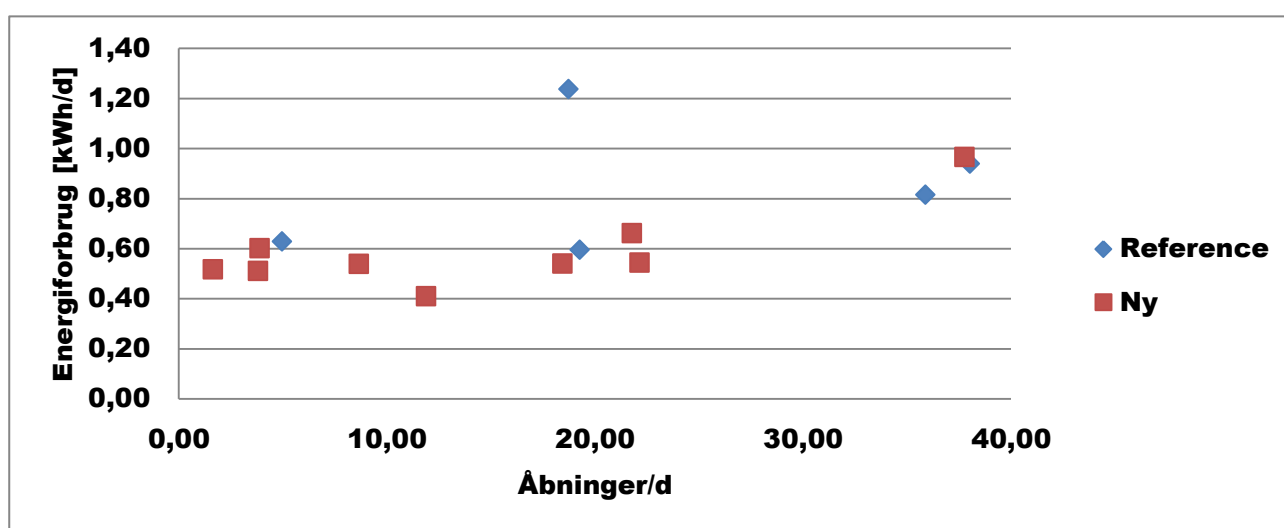
Analysen vil tage udgangspunkt i måledata fra hele fieldtest perioden. Analysen er delt op i de to kategorier køl og frys.

7.2.1 Køl

Det nye generations skab hos Harald Nyborg, er blevet repareret under testen. Det ses på data i **Figur 7-2**, at skabet har et meget højt energiforbrug sammenlignet med andre skabe med samme last (Carlsberg og Hillerød hospital). Derfor ses der bort fra det skab i analysen. Derudover skal det bemærkes at Asia restaurant Odense har et højt energiforbrug når der kigges på temperaturlast og åbninger. Det skab har under besøget været fedtet til af friture, hvilket også indebar kondensatoren. Derfor må det have i baghovedet ved senere analyser og sammenligninger.



Figur 7-4: Energiforbrug per dag versus middeltemperaturforskel mellem omgivelserne og temperaturen i kabinettet. Figuren viser data for køleskabene over hele måleperioden.



Figur 7-5: Energiforbrug per dag versus åbninger per dag for køleskabene. Figuren viser data for hele måleperioden.

De to grafer (**Figur 7-4** og **Figur 7-5**) viser overordnet en fornuftig tendens i energibesparelse for den nye generations skabe sammenlignet med reference skabene. Ved at tage en gennemsnitlig sammenligning mellem alle reference og ny generation skabe fås en besparelse på 30,28 % for køl. Middel energiforbruget og besparelsen er illustreret i **Tabel 7-3**.

Status 4	Middel energiforbrug [kWh/d]	Besparelse [%]
Reference	0,843279	
Ny generation	0,587916	30,28

Tabel 7-3: Middel energiforbruget per dag og besparelsen for hele fieldtest perioden.

Middelbesparelsen virker fornuftig. Der er dog enkelte punkter på graferne hvor referenceskabe falder udenfor tendensen. For eksempel ses det for reference skabet med et forbrug på 0,63 kWh/d, at den ligger på linje med den nye generation, når man ser på temperaturforskellen inde i kabinettet. Den model bliver brugt meget mindre end det nye generations skab på 1 kWh/d, som det ses på grafen med døråbninger per dag. På tilsvarende måde ligger reference-skabet med energiforbrug på 0,6 kWh/d på linje med den nye generations-skabe på analysen med døråbninger. Men dette skab er det som har mindst temperaturforskel i analysen. Derfor kan det også være interessant at lave en analyse på sammenlignelige modeller.

	Navn	kWh/dag	Åbninger/dag	T1-T2	Besparelse [%]
Reference	Asia restaurant Odense	1,24	18,73	22,28	
Ny generation	Strode Ralton	0,66	21,77	23,13	46,5

Tabel 7-4: Udvalgt sammenligning af køleskabene hos Asia restaurant Odense og Strode Ralton.

	Navn	kWh/dag	Åbninger/dag	T1-T2	Besparelse [%]
Reference	Havregården Kostskole	0,938853	38,02087	21,51018	
Ny generation	Cafe Inspirazione	0,544372	22,13993	25,44608	42

Tabel 7-5: Udvalgt sammenligning af køleskabene hos Havregårdens kostskole og Cafe Inspirazione.

	Navn	kWh/dag	Åbninger/dag	T1-T2	Besparelse [%]
Reference	Danske Bank Vejle	0,629188	4,951868	25,64132	
Ny generation	Carlsberg	0,539922	18,43149	21,85253	14,2

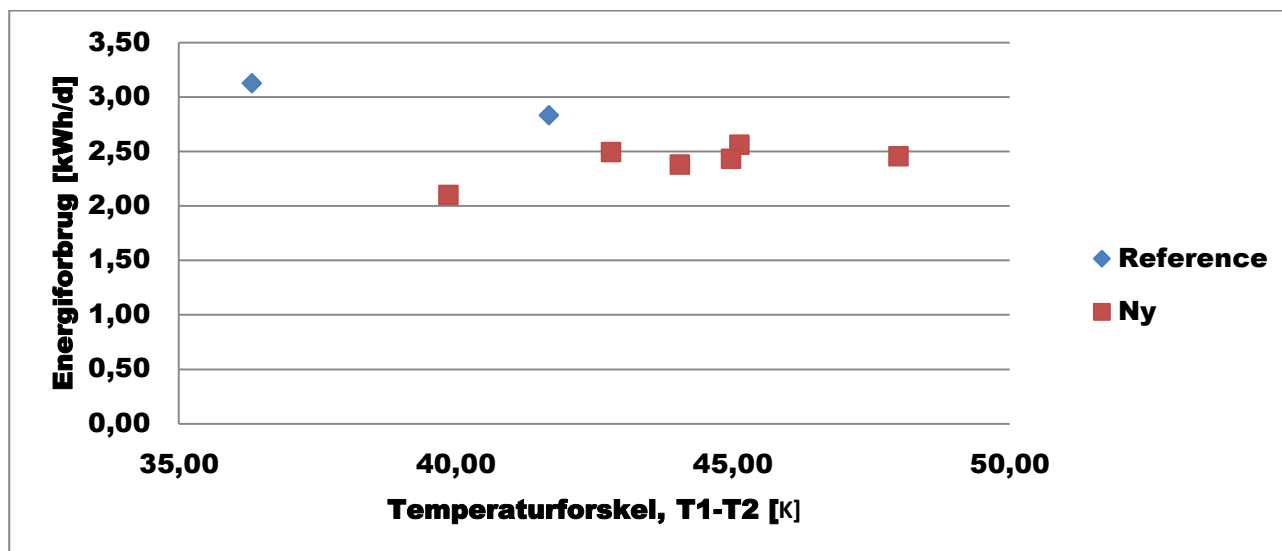
Tabel 7-6: Udvalgt sammenligning af køleskabene Danske Bank Vejle og Carlsberg.

Det ses at der er en signifikant besparelse, hvis modellerne udvælges med nogenlunde sammenlignelige åbningsmønstre samt temperaturforskel.

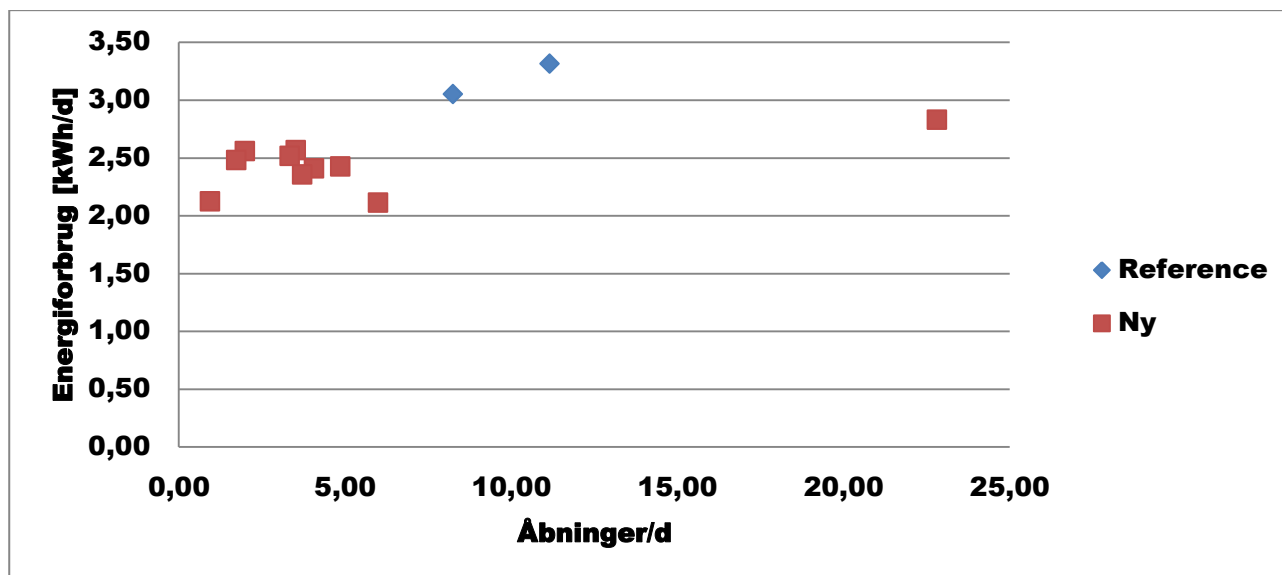
7.2.2 Frys

Alle ny generations skabe er kommet med i analysen. Ud af de tre skabe er Horslunde Ældrecenter ikke kommet med i fieldtesten, da det ikke er blevet taget i brug. Dermed er sammenligningsgrundlaget ikke stort, da der kun er to referenceskabe til de ti ny generations skabe i testen.

Nedenstående to grafer viser energiforbrug per dag versus temperaturforskel og døråbninger per dag.



Figur 7-6: Energiforbruget per dag versus temperaturforskellen mellem omgivelserne og temperaturen i kabinettet. Grafen viser for måledata over hele fieldtest perioden.



Figur 7-7: Energiforbruget per antallet af døråbninger per dag. Grafen viser måledata over hele fieldtest perioden.

Det ses at der er en tendens til en lidt lavere ΔT for reference skabene. En gennemsnitlig besparelse giver 20,69 %. Den lavere temperaturforskel for reference skabene kan beskrive den lavere energibesparelse sammenlignet med de ca. 27 % opnået besparelse fra laboratorietests.

Status 4	Middel kWh/d	Besparelse [%]
Reference	2,979408	
Ny generation	2,362937	20,69

Tabel 7-7: Middel energiforbruget per dag og besparelsen for alle fryseskabe i hele fieldtest perioden.

En sammenligning er lavet for Jyderup statsfængsel og Hillerød hospital. Sammenligningen ses i nedenstående tabel. Besparelsen er på 22,15 %. Det ses at referencemodellen bliver åbnet over dobbelt så meget som det nye skab. Til gengæld er temperaturforskellen lavere for referencemodellen.

	Navn	kWh/dag	Åbninger/dag	T1-T2	Besparelse [%]
Reference	Jyderup Statsfængsel	3,13	8,273318	36,32073	
Ny generation	Hillerød Hospital	2,43	2,774775	44,97339	22,15

Tabel 7-8: Udvalgt sammenligning af skabene hos Jyderup Statsfængsel og Hillerød Hospital.

Sammenligning af de to fryseskabe hos Lemvig-Møller A/S og Helsingør Kongelig Privilegerede Skydeselskab v/W. Zink er vist i **Tabel 7-9** og giver en besparelse på 13,3 %. Det nye generationsskab bliver åbnet mindre men har til gengæld en noget større temperaturforskel.

	Navn	kWh/dag	Åbninger/dag	T1-T2	Besparelse [%]
Reference	Helsingør Kongelig	2,833032	7,470184	41,68009	
Ny generation	Lemvig-Møller A/S	2,456476	3,34974	47,99405	13,3

Tabel 7-9: Udvalgt sammenligning af skabene hos Lemvig-Møller A/s og Helsingør Kongelig Privilegerede Skydeselskab v/W. Zink.

I **Tabel 7-10** er sammenligningen af fryseskabene hos plejecenter Kildebakken og Helsingør Kongelig Privilegerede Skydeselskab v/W. Zink vist. En besparelse på 28,6 % er her opnået. Referenceskabet bliver åbnet mere per dag, men temperaturforskellen på den nye generation er højere.

	Navn	kWh/dag	Åbninger/dag	T1-T2	Besparelse [%]
Reference	Helsingør Kongelig	2,833032	7,470184	41,68009	
Ny generation	Plejecenter Kildebakken	2,022573	4,566738	43,03567	28,6

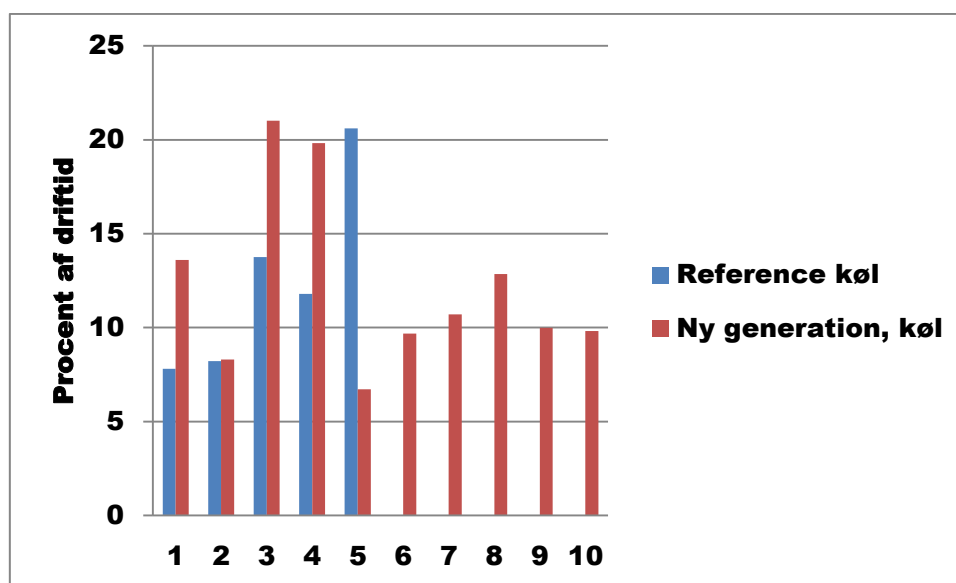
Tabel 7-10: Udvalgt sammenligning af skabene hos plejecenter Kildebakken og Helsingør Kongelig Privilegerede Skydeselskab v/W. Zink.

Den sidste sammenligning i **Tabel 7-10** rammer tæt på besparelsen opnået i laboratorietests. Lastsituationerne som danner grundlag for sammenligningen er også dem med den mindste afvigelse.

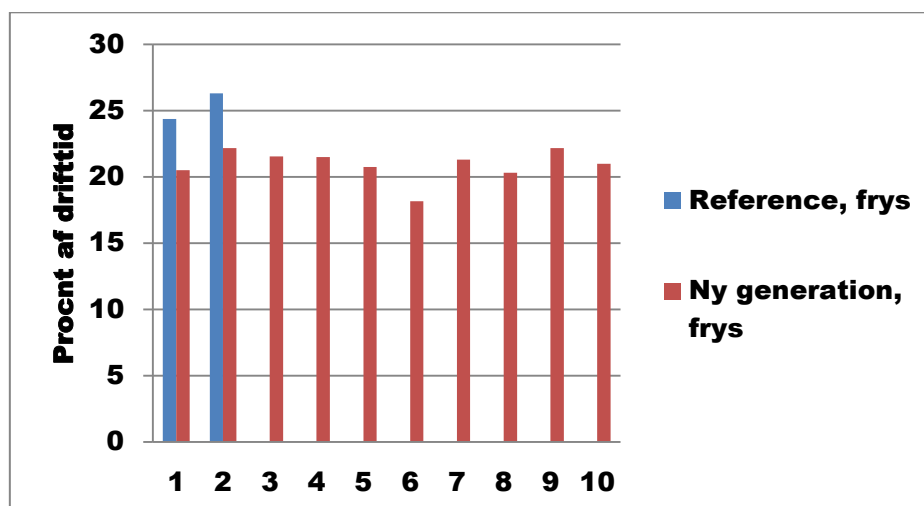
7.3 Kompressor cyklus

På nedenstående grafer vist i **Figur 7-8** og **Figur 7-9**, ses den procentvise andel af den samlede driftstid, hvor kompressoren har kørt. Det ses at tiden ligger omkring de 20 procent for frys og lidt højere for reference skabene.

For køl, ses det at kompressortiden ligger med en middelværdi omkring 10 procent. Der er dog tre som ligger noget højere omkring 20 procent. Referencemodellen som ligger omkring de 20 % er det skab, som har været belastet af friturefedt (søjle 5). Det første af ny generations skabene omkring de 20 % (søjle 3) er café Alma, som har haft en ret høj omgivelsestemperatur sammenlignet med de andre skabe (Det har stået i et indhak, som har sluttet til omkring skabet (se **Figur 7-3**)). Det andet fra den nye generation er Harald Nyborg (søjle 4) som er blevet repareret under testen og ikke medtaget i analysen.



Figur 7-8: Kompressorens procentvise kørsel ud af den samlede driftstid for køleskabe under hele fieldtesten.



Figur 7-9: Kompressorens procentvise kørsel ud af den samlede driftstid for fryseskabe under hele fieldtesten.



7.4 Sammenligning

Resultaterne for fieldtesten ser overordnet set fornuftige ud. De afspejler nogenlunde forventningerne med hensyn til hvad der er opnået i laborietests og beregninger. Under fieldtesten var den gennemsnitlige besparelse for alle medtagne skabe 30,28 %, hvilket er tæt på de 29 % fra laborietests. For fryseskabene er den gennemsnitlige besparelse på 20,6 % hvilket er lidt mindre end de 27 % opnået i laboriet. Grundlaget for fryseskabene i fieldtesten er spinkelt da der kun kom 2 referenceskabe med i testen. Temperaturforskellen for de to reference-skabe var markant mindre end for størstedelen af ny-generations skabene. En parvis sammenligning for to fryseskabe med næsten samme antal døråbninger og temperaturforskel gav en besparelse på 28,6 % hvilket må siges at stemme overens med det forventede.

7.5 Brugernes feedback

I forbindelse med nedtagningen af måleudstyr på Gram skabene blev kunderne spurgt ind til deres oplevelse af at deltage i testen, samt hvorvidt de har haft problemer med skabene.

Af de 28 skabe der var opstillet, var det muligt at interviewe 9 personer svarende til 11 skabe. De resterende steder var der enten ikke personale med kendskab til stede, eller personalet havde for travlt til at kunne deltage i interviewet.

Af de 9 kunder har 1 haft problemer med skabet. Kunden beskrev, at skabet havde haft en læk. Ifølge Gram var problemet dog relateret til en fejlindstilling i styringen. Hvorledes denne er opstået er uvist.

En enkelt kunde udtrykte ønske om, at få monteret en fodpedal til åbning af lågen på sit skab. Dette blev begrundet med, at det kan være svært at åbne skabet, hvis man har hænderne fulde af varer.

Ligeledes var en enkelt kunde ikke blevet orienteret om, at de deltog i testen før de blev kontaktet af Teknologisk Institut.

Generelt har kunderne været tilfredse med informationsniveauet undervejs i testen. Det har ikke været til gene, at Teknologisk Institut har været forbi for at aflæse måleudstyr, og en del af de adspurgte udtrykte tilfredshed med, at være blevet kontaktet telefonisk inden hver aflæsning.



8 Konklusion

Gram storkøkkenkøleskabe og fryserne var i forvejen de mest energieffektive og miljøvenlige apparater på markedet, og ”toppede” Elsparefondens og Go’Energis produktlister.

Som det fremgår af denne rapport, så er det lykkedes, at gøre dem endnu mere energieffektive ved at skære yderligere godt 25 % af energiforbruget. Det er sket uden, at der er gået ud produkternes funktion.

Test i laboratoriet viste 29 % besparelse for køleskabet og 27 % besparelse for fryseskabet.

Den gennemførte field-test af 10 nye og 5 ”gamle” køleskabe viste en besparelse på 30 %. Det passer meget fint med laboratorietesten og forventningerne.

Der er gennemført en tilsvarende test af fryseskabe, men denne blev hæmmet af, at kun 2 referenceskabe udgør datagrundlaget. Gram havde svært ved at finde placeringer til disse reference-fryseskabe, og én af de solgte skabe nåede aldrig at blive opstillet, og 2 referenceskabe nåede aldrig at blive solgt. Derfor er sammenligningsgrundlaget for de gamle og de nye fryseskabe meget spinkelt. Sammenligningen mellem de 10 nye fryseskabe og de to reference-modeller viser en besparelse på ca. 20 % for de nye skabe, og det lidt mindre end forventet, og kan skyldes det spinkle datagrundlag.

Hvis man sammenligner fryseskabene med data fra en tilsvarende test for ca. 10 år siden, da de nuværende ”gamle” fryseskabe var nye, så får vi en besparelse på ca. 41 %.

Projektets målsætning er fuld ud opnået. Gram har parallelt med udviklingsprojektet gennemført et projekt med udvikling af nyt design, og i oktober 2013 blev de nye modeller, som går i produktion i 2014, fremvist på en stor messe i Milano. Disse modeller benytter den teknologi, som er udviklet i projektet og det nye design.

Appendiks A: Beregningsværktøjer

Teknologisk Institut

15. april 2011/Marcin B. Andreassen

I det følgende gives der et kort status på beregningsdelen i projektet. Der skrives kort om hvad der lavet af beregninger og hvad der er planlagt at blive lavet. Denne statusskrivelse er delt i følgende afsnit:

1. Statiske beregninger – kuldebelastning
 - 1.1. Varmeindfald via vægge
 - 1.2. Kuldebro
 - 1.3. Luftskefte
2. Dynamiske beregninger – kølesystem
3. Næste skridt

Statiske beregninger – kuldebelastning

Der er udarbejdet en række programmer og modeller i regneark, EES og i termisk FEM program kaldet Comsol Multiphysics. I det følgende gives et kort status på arbejde med fokus på følgende:

- Varmeindfald via vægge
- Kuldebro
- Luftskefte

Varmeindfald via vægge

Der er udarbejdet et Excell regneark der medtager dimensioner af køle/fryseskabet. I regnearket har man mulighed at justere på køleskabet dimensioner og afprøve forskellige isoleringstykkelser samt isoleringsmateriale.

I regnearket bliver der beregnet hvor meget kuldatab der er via vægge ved en given temperaturdifferens og givne dimensioner af køle/fryseskabet, se også brugefladen forinden.

Kabinet dimensioner

1	Storkøkkenappa			
2	C:\topgaver\Kølemøbler (Per Her			
3				
4	Opdateret:		2011.04.04/MBAN	
5				
6			Oprindelig	
7	Bredde, indv.	b_i	m	0.575
8	Bredde, udv.	b_u	m	0.695
9	Godstykkelser	s_v	m	0.060
10	Dybde, indv.	d_iud	m	0.695
11	Dybde, udv. (uden dør)	d_uud	m	0.755
12	Godstykkelser, bagvæg	s_bv	m	0.060
13	Højde, indv.	h_i	m	1.480
14	Højde, udv.	h_u	m	1.600
15	Godstykkelser, top og bund	s_tb	m	0.060
16	Dørtykkelse	s_d	m	0.045
17	Dybde, udv. (med dør)	d_u	m	0.800
18				
19	Indvendig volumen	V_i	m3	0.591
20	Udvendig volumen	V_u	m3	0.890
21	Volumen, vægge	V_w	m3	0.298
22	Indvendigt overfladeareal TOTAL	A_i	m2	4.56
23	Udv. Overfladeareal TOTAL	A_u	m2	5.90
24	Arealforhold TOTAL	A_u/A_i	-	1.29
25				
26	Indvendigt overfladeareal - bagvæg	A_i	m2	0.85
27	Udv. Overfladeareal - bagvæg	A_u	m2	1.11
28	Arealforhold - bagvæg	A_u/A_i	-	1.31
29				
30	Indvendigt overfladeareal - top og bund	A_i	m2	0.80
31	Udv. Overfladeareal - top og bund	A_u	m2	1.11
32	Arealforhold - top og bund	A_u/A_i	-	1.39
33				
34	Indvendigt overfladeareal - dør	A_i	m2	0.85
35	Udv. Overfladeareal - dør	A_u	m2	1.11
36	Arealforhold - dør	A_u/A_i	-	1.31
37				
38	Indvendigt overfladeareal - sidevæg	A_i	m2	2.06
39	Udv. Overfladeareal - sidevæg	A_u	m2	2.56
40	Arealforhold - sidevæg	A_u/A_i	-	1.24
41				

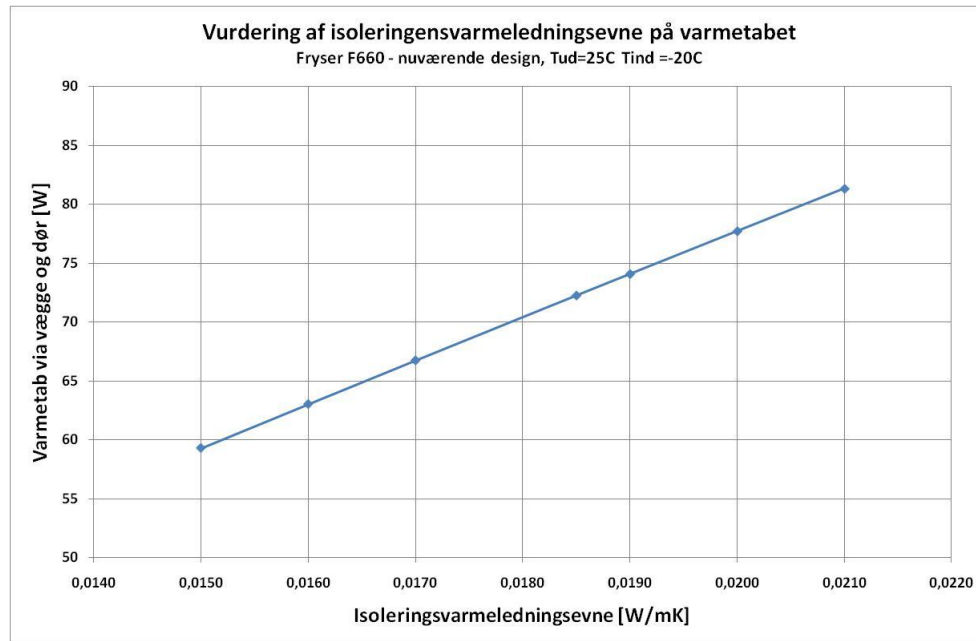
Temperatur konditioner

1	Storkøkkenappa			
2	C:\topgaver\Kølemøbler (Per Her			04.04/MBAN
3				
4				
5	Temperatur, omgivelser	t_amb	°C	25
6	Temperatur, luft i skab	t_i	°C	-20
7				
8	Varmeovergangstal, udv.	alfa_u	W/m2K	10
9	Varmeovergangstal, indv.			10
10				
11	Arealforhold			1.29
12	Arealfaktor, middel			1.15
13	Vægareal, uden dør			4.25
14				
15	Vægareal, bagvæg	A_b	m2	0.98
16	Vægareal, sidevæg	A_sv	m2	2.34
17	Vægareal, top og bund	A_tb	m2	0.96
18	Vægareal, dør	A_d	m2	0.98
19				
20				
21				
22	Varmekonduktivitet, skum, +3°C	lam_PUR	W/mK	0.0190
23				
24	Isoleringsdykkelse, bagvæg	s_bv	m	0.0600
25	U-værdi, bagvæg	U_b	W/m2K	0.298
26				
27	Isoleringsdykkelse, sidevæg	s_sv	m	0.0600
28	U-værdi, sidevæg	U_sv	W/m2K	0.298
29				
30	Isoleringsdykkelse, top og bund	s_tb	m	0.0600
31	U-værdi, top og bund	U_tb	W/m2K	0.298
32				
33	Isoleringsdykkelse, dør	s_d	m	0.0450
34	U-værdi, dør	U_d	W/m2K	0.389
35				
36	Faktor, kuldebro, dør	f_kd	-	1.0
37	Faktor, kuldebro, væg	f_kv	-	1.0
38	Kuldetab, dør	PHI_dor	W	17
39	Kuldetab, bagvæg	PHI_b	W	13
40	Kuldetab, sidevæg	PHI_sv	W	31
41	Kuldetab, top og bund	PHI_tb	W	13
42				
43	Kuldetab, i alt	PHI_tab	W	74
44				
45	UA-værdi, hele skabet	UA-teo	W/K	1.65
46				

Isoleringsmaterialets -egenskaber

Kuldetab

I regnearket kan man bl.a. regne på hvilken betydning isoleringsmaterialet har for varmetabet. I figuren forneden blev der brugt nuværende fryseskab dimensioner og der blev ændret på varmeledningsevne af isoleringsmaterialet.

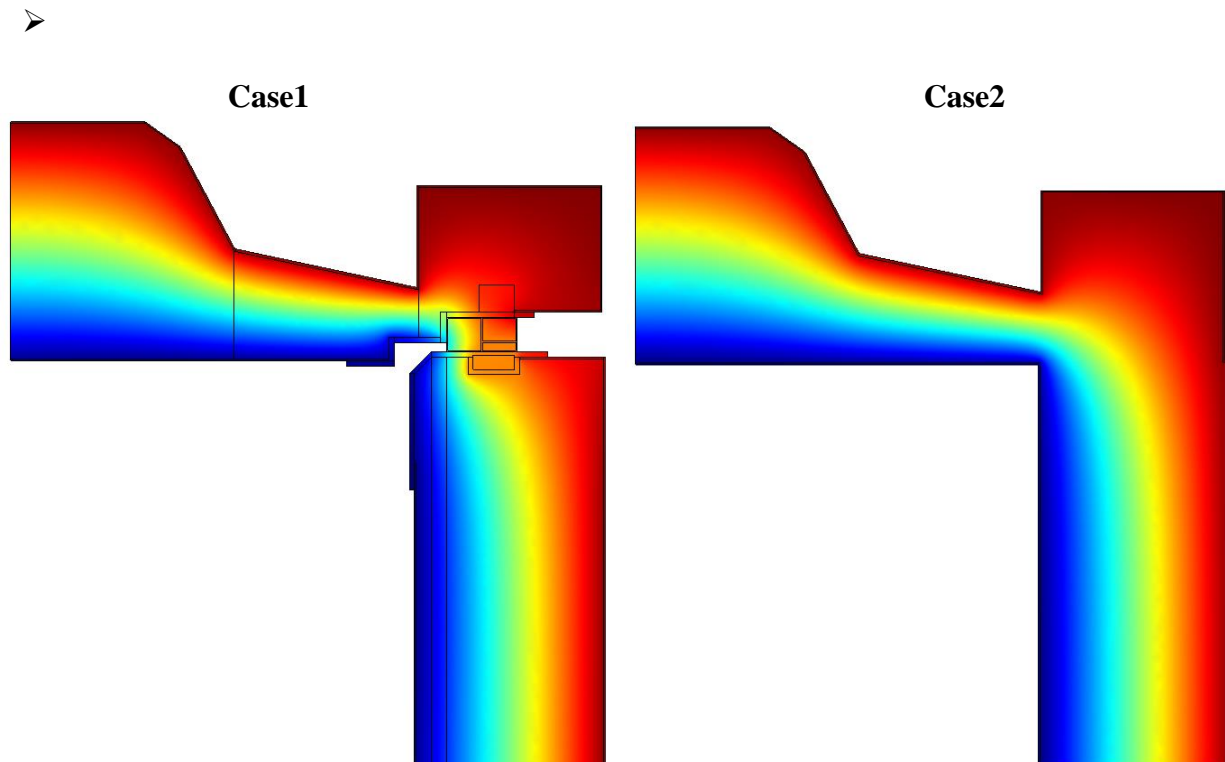


Kuldebro

Der er udarbejdet en model af den nuværende tætningsliste i programmet Comsol Multiphysics. Der er tegnet et 2dimensionel udsnit af tætningslisten og del af kabinettet som dog er blevet lidt geometrisk forsimplet pga. beregningstekniske årsager, se også figur forneden. Programmet giver mulighed at justere af dimensioner på f.eks. tætningslisten og se hvilken effekt dette har på varmeindfald og temperaturen på den udvendige side af tætningslisten. Det er dog at foretrække at man laver temperatur målinger omkring listen således at modellen bliver efterkalibreret. Det kan evt. gøres ved at tage termografibilleder omkring dørlisten, disse kan efterfølgende bruges til at justere modellen til. Billeder kan evt. tages d. 4 maj til den planlagte møde hos Gram.

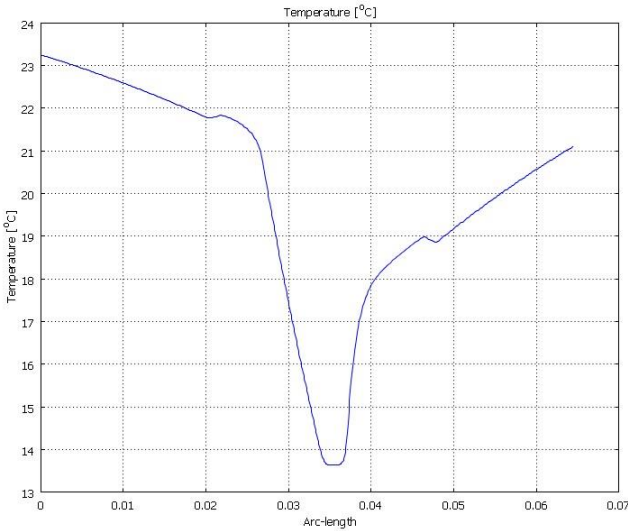
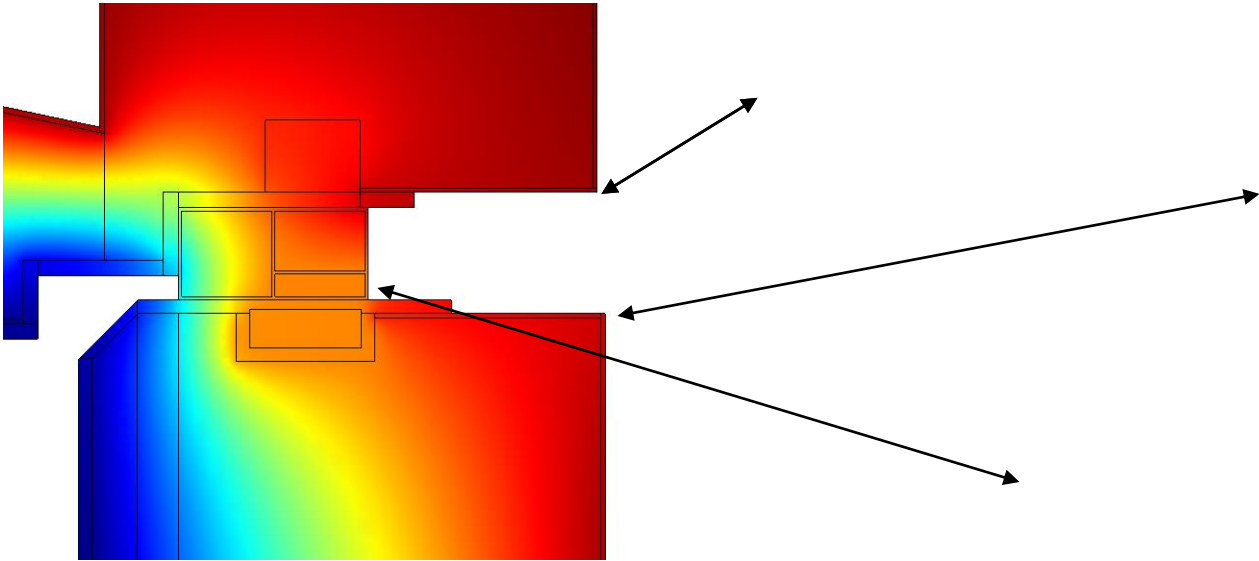
I det følgende visses et eksempel på en beregning. Der kigges på 2 Cases.

- Case1: kabinet med nuværende tætningsliste
- Case2: kabinet uden tætningsliste dvs. fuld lukket kabinet (tænkt tilfælde). Denne beregning er udført for at finde ud af hvor meget ekstra varmeindfald man få pga. tætningslisten.



I modellen kan man beregne varmeindfald som for Case 1 for den givne udsnit er 7,5W/m for Case 2 er varmeindfald 5W/m ved konditioner $-20^{\circ}\text{C}/25^{\circ}\text{C}$. Dvs. der er ekstra varmeindfald pga. tætningslisten på 2,5W/m. Hvis man medtager den totale længde af listen som på nuværende kabinet design er 4,1m er den totale varmeindfald pga. dørlisten 10,25W.

Ud af programmet kan man også få informationer om temperaturen ved listen se forned. I denne tilfælde er den laveste temperaturen på udvendig side af listen omkring 13°C .



Luftskifte

Der er udarbejdet et lille program i EES, se brugefladen forneden. Programmet kan regne på hvad de har af betydning hvis man skifter den kolde luft i køle/fryseskabet med en varm luft fra omgivelser. Input parameter til beregning er de indvendige dimensioner af skabet, udvendig og udvendig temperatur og luftfugtighed samt hvor mange gange pr. døgn forventes der at man skifter luften ud i skabet.

I beregning forneden er der regnet på at der luftudskiftning 1 gang pr. døgn. Af beregning kan man se at dette vil yderligere belaste køleanlægget med 0,7456W. Beregning medtager afkøling, indfrysning af vand på fordampere samt det at der dannes undertryk og dermed der suges mere varmt luft ind i skabet.

The screenshot shows the EES software interface with the following data:

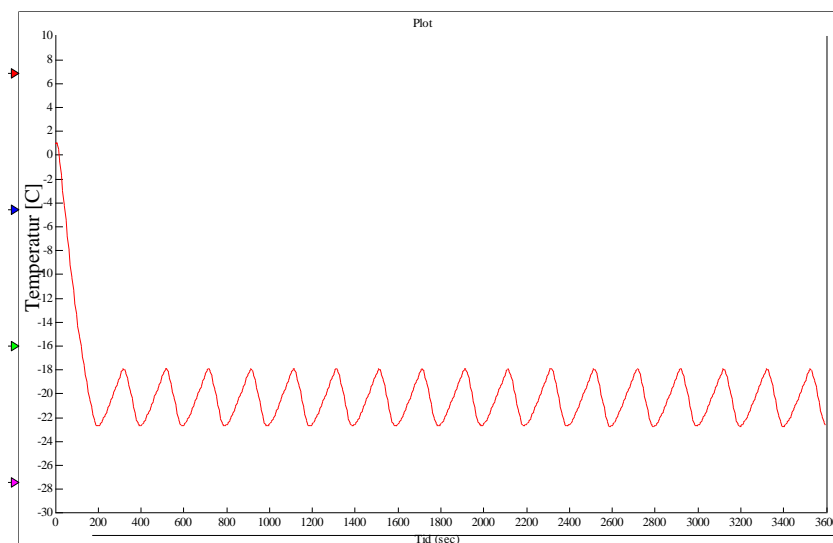
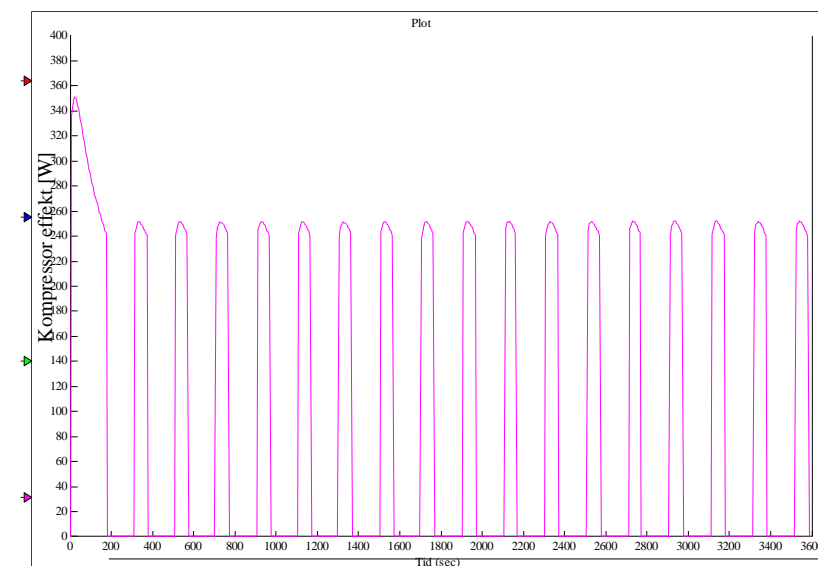
- Indvendige dimensioner:**
 - Bredde_{ind} = 0,575 [m]
 - Dybde_{ind} = 0,695 [m]
 - Højde_{ind} = 1,48 [m]
- Antal luftudskiftninger pr. 24 timer:** 1
- Konditioner:**
 - P = 101325 [Pa]
 - T1 = 25 [C], T2 = -20 [C]
 - rh1 = 0,8, rh2 = 0,8
- Resultat:** Energi_{afkøling} = 0,7456 [W] Kuldebelastning pr. 24 timer

Dynamiske beregninger – kølesystem

Der er udarbejdet den første version af en dynamisk model i programmet kaldet Vissim. I programmet er der indbygget det nuværende kølesystem med nuværende komponenter samt en simpel styring og foreløbig statisk kuldebelastning.

På nuværende tidspunkt er der implementeret en simpel on/off kompressor styring på kølesystem som den ser ud i dag dvs. med alle nuværende komponenter. Kompressoren styrer efter temperaturen i skabet som skal holdes på -20°C . Kompressoren styrer efter denne temperatur med en hysteresis på $-20^{\circ}\text{C} \pm 2\text{K}$.

I modellen kan man regne på hvordan kompressoren belastes, hvad er temperaturen i skabet, man kan udregne COP samt den totale energi forbrug. For tiden er der et par grafer der viser bl.a. kompressor effekt samt temperaturen inde i skabet. Modellen er stadig under udvikling.





Når modellen af nuværende kølesystem er fuldudviklet vil alle ændringer der foretages efterfølgende på kølesystemet (enten ny styringsstrategier eller ny komponenter) blive sammenlignet med den, dvs. denne model er vores sammenligningsgrundlag.

Det er lagt op til at man tester forskellige styringsstrategier og ny komponenter på 3 driftssituationer som følge:

- Case 1 – Statisk kuldebelastning dvs. når køle/fryseskabet er lukket og varerne er afkølet dvs. der tages kun højde for varmeindfald via døre, kuldebro osv.
- Case 2 – Nedkøling dvs. der kigges på hvad der sker når man indsætter varme varer i skabet.
- Case 3 – Døråbninger dvs. der kigges på en driftssituation hvor man medtager kuldebelastning grundet døråbninger.

Ved alle 3 ovennævnte cases vil forskellige styringsstrategier blive testet samt vil der blive afprøvet nye komponenter for at se hvilke indflydelse ændringer har på energiforbruget.

Næste skridt

Den næste skridt er at færdig udviklet den dynamisk model dvs. får modelleret de 3 ovennævnte cases på nuværende kølesystem. Efterfølgende i samarbejde med Gram skal ny komponenter og ny styringsstrategier udvælges og skal efterfølgende testes i simuleringsprogrammet for at se hvilken effekt ændringer har på energiforbruget.

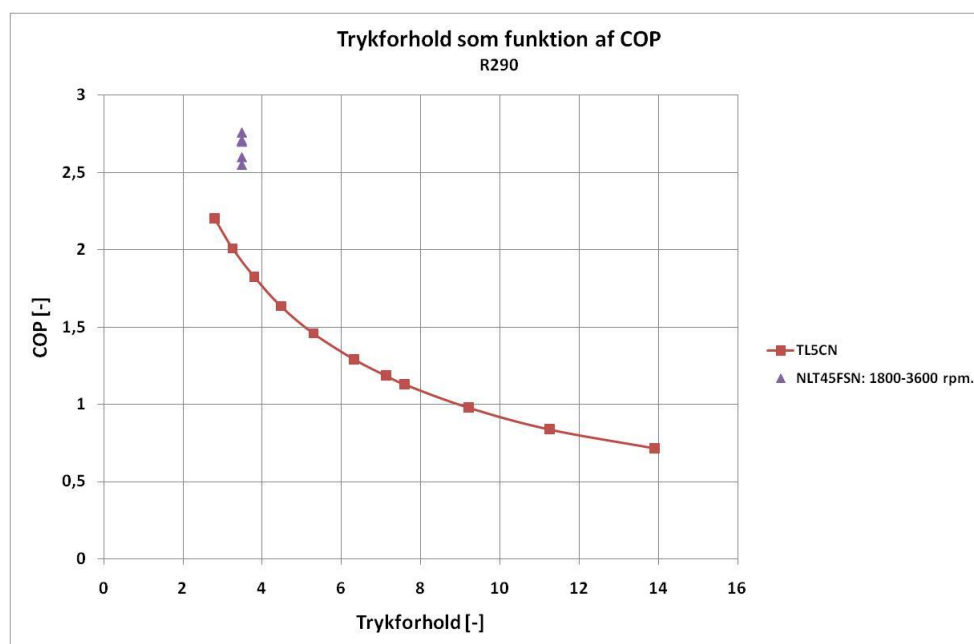
Angående FEM beregninger foreslås det at Gram og TI sætter sig sammen en dag og tage en snak om forskellige liste design. Det er nemlig relativt nemt at ændre på geometrien og man får resultat umiddelbart efter. En oplagt mulighed er at gøre tætningslisten lidt bredder.

Appendix B: Notat vedr. kompressorerne

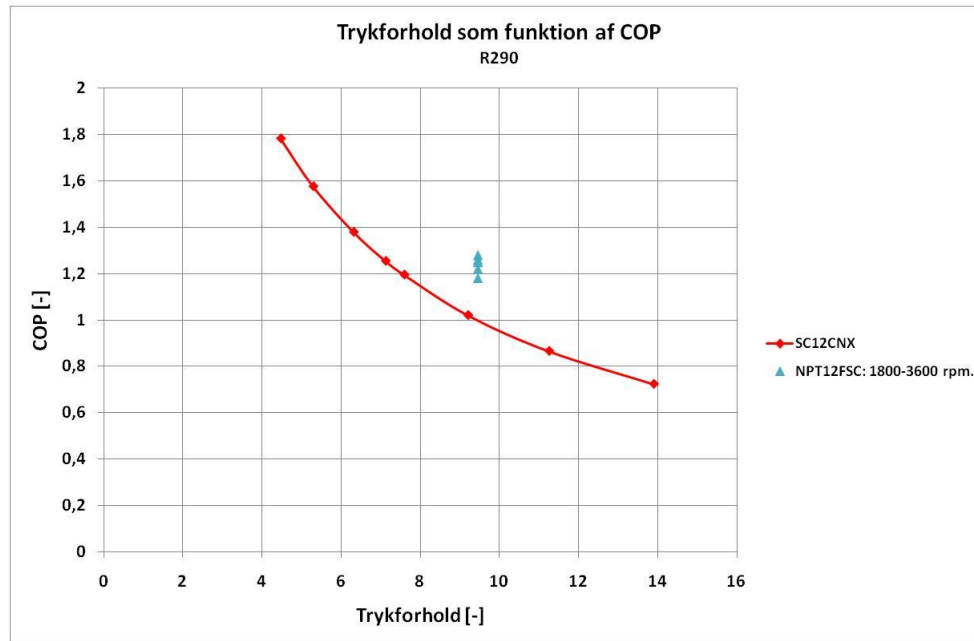
Teknologisk Institut
5. august 2011/Marcin B. Andreassen

Kort notat vedr. kompressorerne 5.08.2011 – Gram

I figuren 1 og 2 er der plottet COP værdierne for TL5CN kompressor som er placeret i kølemøblet og SC12CNX kompressor som er placeret i fryseren. Desuden i de to figur er der plottet de tilgængelige data for variabel hastighed kompressorer fra Cubigel NLT45FSN og NPT12FSC. Data fra Cubigel leverandører antyder at begge variabel hastighed kompressorer er mere effektiv end nuværende kompressor. Det gælder hele driftsområde dvs. 1800-3600 rpm.



Figur 8-1 COP som funktion af trykforhold (Køleskab)



Figur 8-2 COP som funktion af trykforhold (Fryseren)

I tabel 1 og 2 er der vist kapaciteter for nuværende kompressorer og disse er sammenlignet med NLT45FSN og NPT12FSC. Det skal dog tilføjes at data er ikke fuld sammenlignelig da TL5CN og SC12CNX oplyser værdierne ved kondenseringstemperaturen på **45C** mens NLT45FSN og NPT12FSC oplyser værdierne ved kondenseringstemperaturen på **55C**. Ikke desto mindre tyder det på at Cubigel kompressorerne passer fint i størrelsen.

Cubigel kompressorerne virker meget interessante da det tyder på at de er væsentlig mere effektive samt at kompressorerne dækker arbejdsområdet fint.

Fordampningstemperatur [C]		-25	-15	+5
TL5CN ($T_{kond}=45C$)	Kapacitet [W]	183	283	586
NLT45FSN - 1800 rpm ($T_{kond}=55C$)	Kapacitet [W]	75	133	353
NLT45FSN - 3600 rpm ($T_{kond}=55C$)	Kapacitet [W]	150	264	695

Tabel 8-1 Arbejdsområde for kompressorerne (køleskab)

Fordampningstemperatur [C]		-40C	-30C	-25C	-10C
SC12CNX ($T_{kond}=45C$)	Kapacitet [W]	186	346	453	895
NPT12FSC - 1800 rpm ($T_{kond}=55C$)	Kapacitet [W]	115	196	257	521
NPT12FSC - 3600 rpm ($T_{kond}=55C$)	Kapacitet [W]	216	393	506	-

Tabel 8-2 Arbejdsområde for kompressorerne (fryseren)

Appendix C: Simuleringsresultater

SIMULERINGSRESULTATER

August 2011 – opdateret december 2013

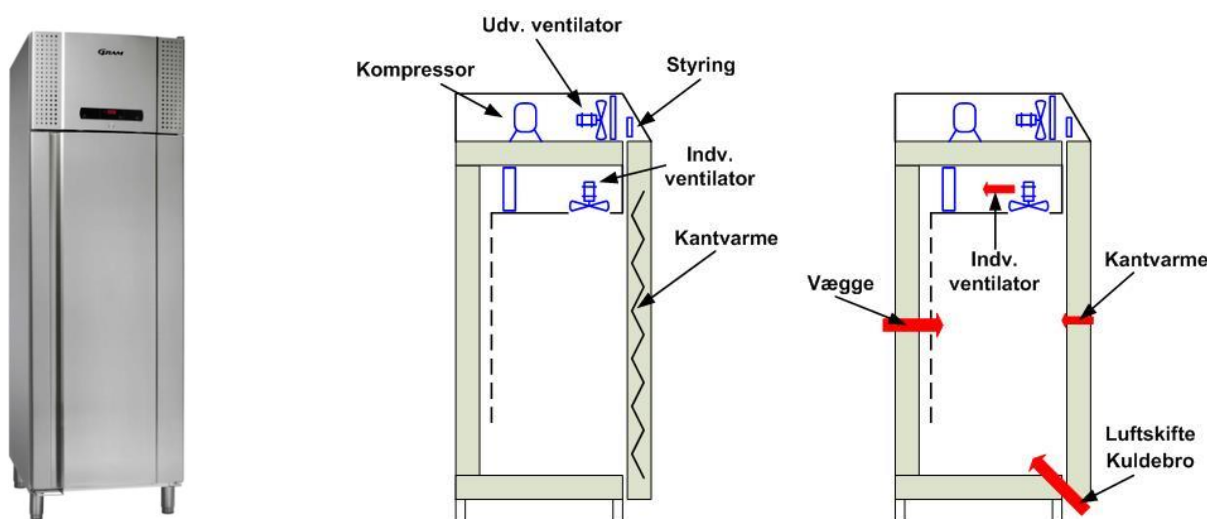
Marcin Blazniak Andreassen, Teknologisk Institut

Introduktion

Nærværende rapport beskriver beregninger og simuleringsresultater udført på 2 Gram produkter henholdsvis en Fryser og et Køleskab. Overordnet formål med beregningerne er at finde besparelser således at energiforbrug for de 2 produkter reduceres med minimum 25 %. Fremgangsmåden er at få energiforbrug af de enkelte komponenter kortlagt samt opstille varmebalance for møblerne for at kortlægge hvad giver største tab i systemet. På baggrund af disse betragtninger gives der forslag til design forbedringer.

Kuldebelastning og Effektförbrug

Billede og skitse af de vigtigste komponenter samt varmeindfald for fryseren og køleskabet er vist i figur 1. Generelt er der ikke meget forskel i opbygning af en Fryser og et Køleskab. I fryseren i modsætning til køleskabet er der monteret varmetråd i væggen ved døren som sikrer at der ikke dannes dug på udvendig side af møblet dette er ikke nødvendig i køleskabet.



Figur: Billede og skitse af de vigtigste komponenter samt varmeindfald.

I tabellen nedenunder ses den beregnede kuldebelastning samt energiförbrug af de enkelte komponenter i de to møbler. De opgivende energiförbrug er indhentet fra tidligere rapport ” Energioptimering af storkököken-köleskabe og -frysere ” fra august 2003. For köleskab kuldebelastning er beregnet på basis af 2°C indvendige temperatur i møblet og 25°C omgivelsetemperatur. For fryseren kuldebelastning er beregnet på basis af -20°C indvendige temperatur i møblet og 25°C omgivelsetemperatur.

Kuldebelastning		Fryser	Køleskab
Indv. ventilator	W	9,4	7,9
Vægge og dør	W	74	38
Kuldebro	W	8,6	4,2
Kantvarme	W	4,7	0
Luftskifte ³	W	0,75	0,4
Total fordampbelastning	W	97,45	50,5
Effektforbrug		Fryser	Køleskab
Kompressor ⁴	W	94,6	29,6
Udv. ventilator	W	7	2,5
Indv. ventilator	W	9,4	7,9
Styring	W	4,5	4,5
Kantvarme	W	15	0
Afrimning	W	15,4 (18)	0
Tyvandsvarmelegeme	W	0 ???	0
Trafo ???	W	0	0
Total Forbrug	W	159,4	58
	kWh	3,83	1,392

Tabel: Beregnede kuldebelastning målt energiforbrug.

Betragter man resultater i tabellen er det det samme tendenser der slår igennem for de to kølemøbler. Den største kuldebelastning kommer fra varmeindfald via væggen og dør. Samlet set i begge tilfælde står disse varmeindfald for omkring 75 % af den samlede kuldebelastning.

Betragter man effektforbrugende komponenter så er kompressor den komponent der forbruger mest energi med et energiforbrug omkring 60 % af det samlede energiforbrug i møblerne.

Optimeringspotentiale

Baseret på resultaterne fra foregående afsnit foreslås det at fokusere på følgende tiltag der kan minimere energiforbruget:

- 5) Vægisolering: Tykkere isolering
- 6) Tætningsliste: Tætningslisten kunne gøres bredere og dermed bedre isolerende.
- 7) Indvendig ventilator: Mere effektiv ventilator / motoreffekt afsat ikke i kølemøblet
- 8) Kompressor: Der er flere tiltag der kan forbedre kompressorens energiforbrug
 - a. Bedre kondensator og bedre fordamper. Dette vil bevirke at kompressoren vil køre under mere fordelagtige trykforhold og dermed vil man kunne opnå bedre system COP.
 - b. Mere effektiv kompressor
 - c. Variabel hastighed kompressor

³ Der regnes med 1 gang luftskifte pr. 24h

⁴ Dette er en beregningsværdi. Effektforbrug er beregnet på baggrund af den oplyste COP i produktdatablade hvor der regnes på at kondenserings og fordampningstemperatur er $T_{\text{fordampning}} = -33^{\circ}\text{C}$; $T_{\text{kondensering}} = 39^{\circ}\text{C}$ for fryseren og $T_{\text{fordampning}} = -12^{\circ}\text{C}$; $T_{\text{kondensering}} = 39^{\circ}\text{C}$ for køleskabet

Vedrørende punkt 4c angående kompressor med variabel hastighed så er der kommet datablade på kompressorer fra Cubigel NLT45FSN og NPT12FSC. NLT45FSN og NPT12FSC er variabel hastighed kompressorer hvor hastigheden kan reguleres fra 1800 rpm – 3600 rpm. Foreløbig opgiver producenten COP værdier ved kun en fordampningstemperatur. Værdierne kan ses i tabellen forneden:

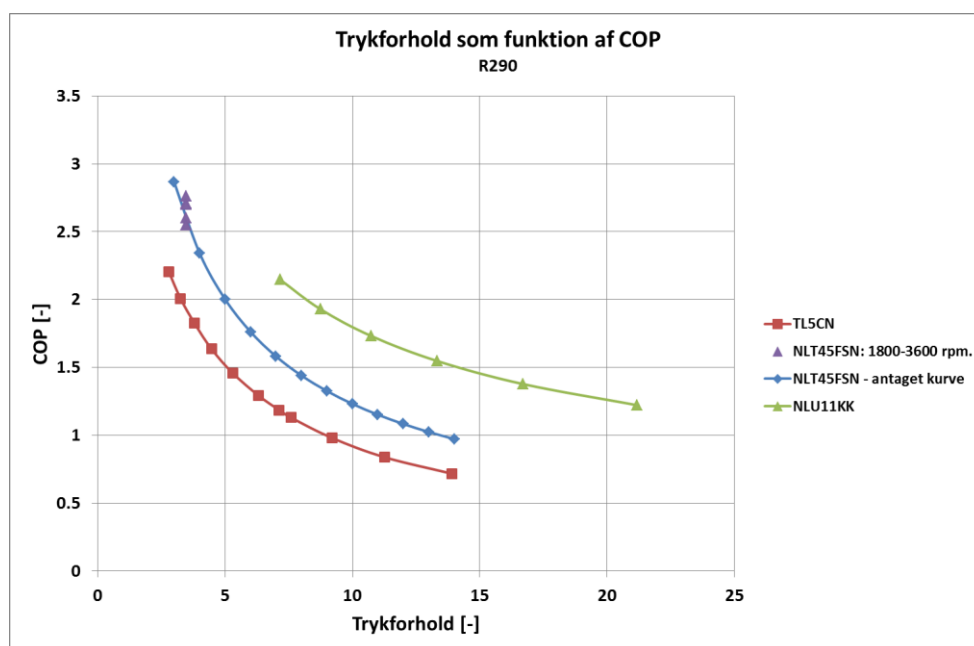
NLT45FSN (Fordampningstemp.=5C, Kondeseringstemp.=55C)					
Hastighed (rpm.)	1800	2100	2400	3000	3600
COP	2,71	2,76	2,7	2,6	2,55
NPT12FSC (Fordampningstemp.=-25C, Kondeseringstemp.=55C)					
Hastighed (rpm.)	1800	2100	2400	3000	3600
COP	1,18	1,28	1,26	1,25	1,22

Tabel: Oplyste COP værdier fra Cubigel

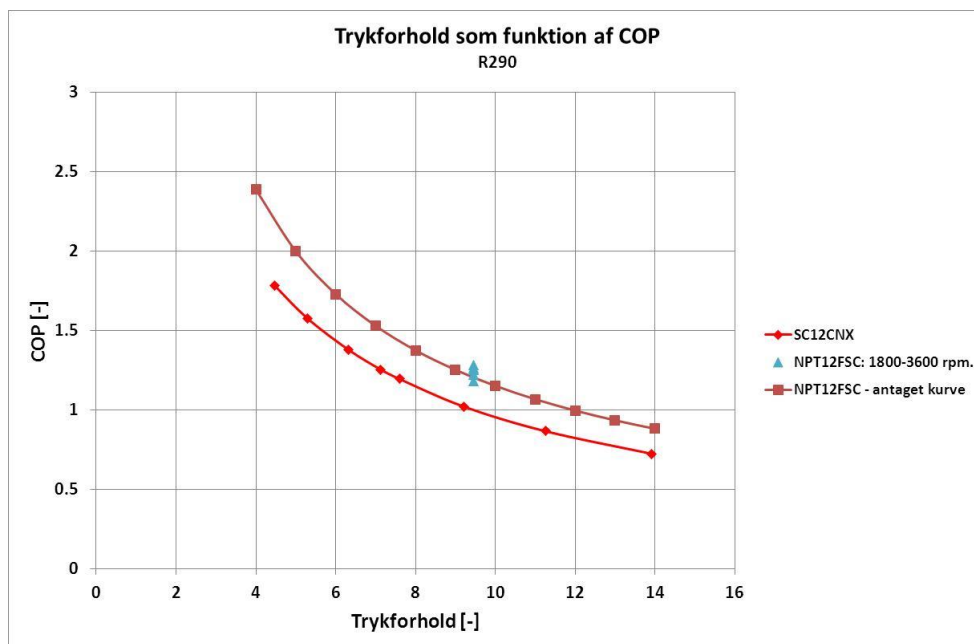
Desuden er der fundet en SECOP kompressor NLU11KK til kølemøblet der opererer med R600a som kølemiddel. I figurerne herunder er der plottet COP værdierne for TL5CN kompressor som er placeret i kølemøblet og SC12CNX kompressor som er placeret i fryseren. Desuden i de to figur er der plottet de tilgængelige data for variabel hastighed kompressorer fra Cubigel NLT45FSN og NPT12FSC samt SECOP kompressor NLU11KK.

Data fra Cubigel leverandører antyder at begge variabel hastighed kompressorer er mere effektiv end nuværende kompressor. Det gælder hele driftsområde dvs. 1800-3600 rpm. SECOP kompressor er også væsentlig mere effektiv.

På grund af manglende oplysninger om COP ved andre fordampningstemperatur antages det at COP udvikling følger udvikling som hos Danfos kompressorerne med forskydning. Det er kurven på grafen der hedder "NLT45FSN-antaget kurve" og "NPT12FSC-antaget kurve". Disse antagne kurver anvendes i det videre beregninger. Dette kan give foreløbig indikation vedrørende besparelspotentiale indtil uddybende informationer modtages fra leverandøren.



Figur: COP som funktion af trykforhold (Køleskab)



Figur 8-3 COP som funktion af trykforhold (Fryseren)

I tabellerne herunder er der vist kapaciteter for nuværende kompressorer og disse er sammenlignet med NLT45FSN og NPT12FSC. Det skal dog tilføjes at data er ikke fuld sammenlignelig da TL5CN og SC12CNX oplyser værdierne ved kondenseringstemperaturen på **45C** mens NLT45FSN og NPT12FSC oplyser værdierne ved kondenseringstemperaturen på **55C**. Ikke desto mindre tyder det på at Cubigel kompressorerne passer fint i størrelsen.

Desuden vises data for en fast speed SECOP kompressor NLU11KK med R600a som kølemiddel som kan anvendes i kølemøblet. Data for kompressoren er også vist i tabel 3.

Kompressor fra Cubigel og SECOP virker meget interessante da det tyder på at de er væsentlig mere effektive samt at kompressorerne dækker arbejdsområdet fint.

Fordampningstemperatur [C]		-25	-15	+5
TL5CN (T_{kond}=45C)	Kapacitet [W]	183	283	586
NLT45FSN - 1800 rpm (T_{kond}=55C)	Kapacitet [W]	75	133	353
NLT45FSN - 3600 rpm (T_{kond}=55C)	Kapacitet [W]	150	264	695
NLU11KK – R600a (T_{kond}=55C)	Kapacitet [W]	149	247	NA

Tabel: Arbejdsområde for kompressorerne (køleskab)

Fordampningstemperatur [C]		-40C	-30C	-25C	-10C
SC12CNX (T_{kond}=45C)	Kapacitet [W]	186	346	453	895
NPT12FSC - 1800 rpm (T_{kond}=55C)	Kapacitet [W]	115	196	257	521
NPT12FSC - 3600 rpm	Kapacitet [W]	216	393	506	-

(T_{kond}=55C)

Tabel: Arbejdsområde for kompressorerne (fryseren)

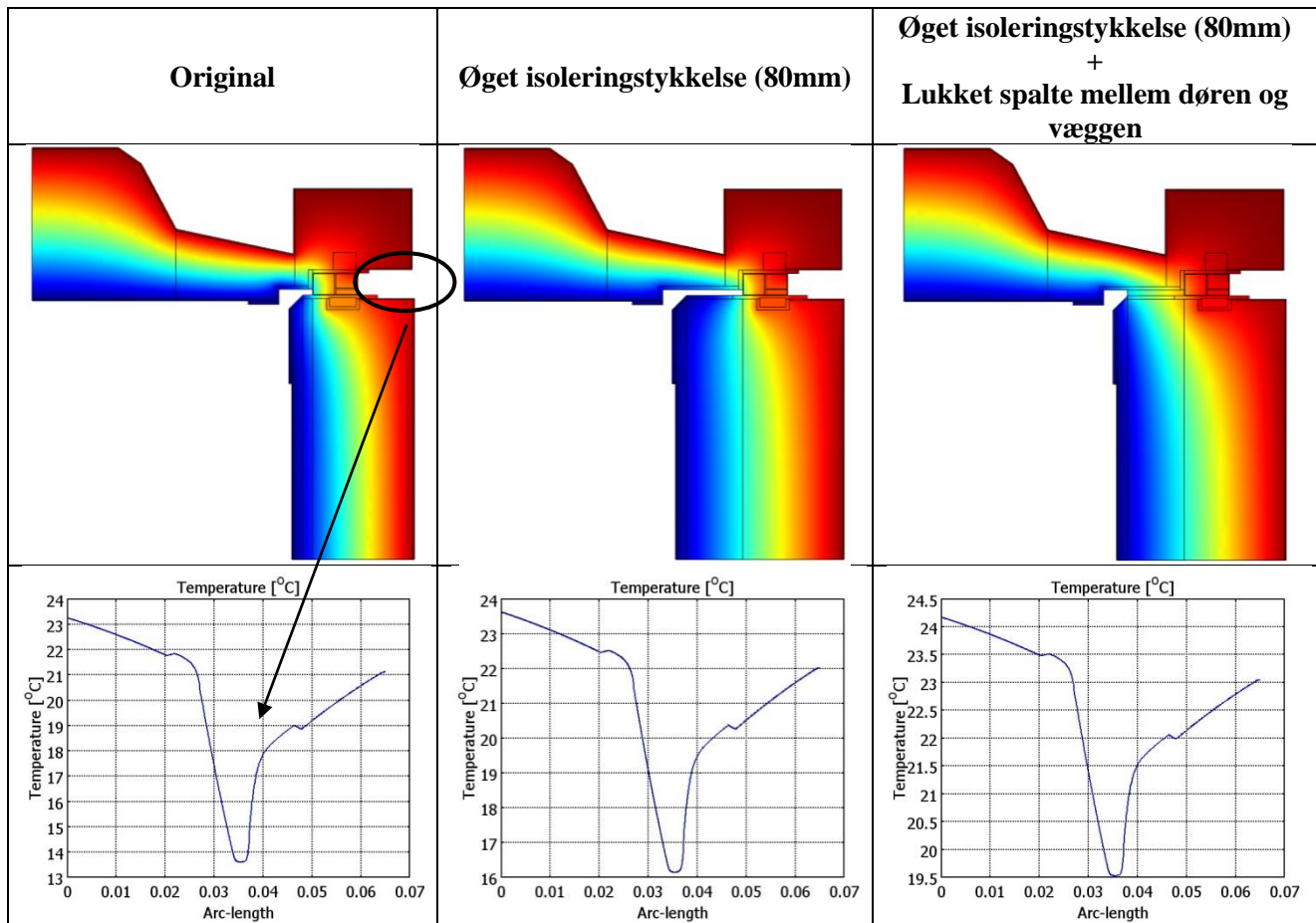
Der udføres beregninger med de nye kompressorer fra Cubigel (NLT45FSN og NPT12FSC). Det skal dog understreges at pga. manglende oplysninger om COP ved andre driftskonditioner antages det at COP kurven følger den der er anvist i figurene, dermed beregninger skal betragtes som vejledende indtil mere nøjagtige informationer fra leverandøren modtages.

De gennemførte beregninger er beskrevet i følgende tabel:

Betegnelse	Forklaring
1 Væg	Isoleringstykkelse forøges med 20mm i sider og ryg samt 10 mm i top og bund
2 Væg + Liste	Isoleringstykkelsen forøges med 20mm i sider og ryg samt 10 mm i top og bund + Spalte mellem døren og væggen lukkes se tabel 6
3 Vent.	Beregning ikke gennemført endnu – mangler ventilator
4a Kom.	Fordampningstemperatur øges med 1°C og Kondenseringstemperatur reduceres med 1°C
4b Kom.	NLU11KK med R600a i køleskabet
4c Kom.	NLT45FSN som kører med 1800 rpm. i køleskabet og NPT12FSC som kører med 1800 rpm. i fryseren
5 Væg + Liste + Kom	Isoleringstykkelsen forøges med 20mm i sider og ryg samt 10 mm i top og bund + Spalte mellem døren og væggen lukkes + ny variabel hastighed kompressorer fra Cubigel (NLT45FSN og NPT12FSC)
6 Væg + NLU11KK	Isoleringstykkelsen forøges med 20mm i sider og ryg samt 10 mm i top og bund + ny kompressor fra SECOP NLU11KK med R600a i køleskabet

Tabel: Forklaring af gennemførte beregninger

På næste side ses geometri af fryseren med original vægtykkelse samt en vægtykkelse der er udvidet med 20mm. Desuden er der vist temperatur ved tætningslisten på den udvendige side af fryseren. Ved 25C og fugtighed Rh=60% skal temperaturen omkring tætningslisten holdes over 17C for at der ikke dannes dug. Af figurerne kan man se at ved en øget isoleringstykkelse forventes det at temperaturen øges et par grader på den udvendige side. Det begrundes med at der forventes en begrænset luftcirkulation i den smalle spalte mellem døren og væggen på den indvendige side af fryseren. Hvor meget luftcirkulationen begrænses er det dog svært at udtale sig om. Ikke desto mindre forventes det at temperaturen vil stige men dog at den stadig vil ligge under dugpunktet dermed kantvarmen er påkrævet. I den sidste figur lukkes denne spalte så man fortrænger luften væk fra spalten. Det forventes at dette vil øge temperaturen yderligere som ligger nu over dugpunktet i niveau omkring 19,5C. Dvs. det tyder på at ved at øge vægisolering samt udfylde spalten behøver man ikke at have kantvarme.



Tabel 8-3 Temperaturforholdene omkring tætningslisten. Fra venstre: original design, en design med øget vægtykkelse, en design med øget vægtykkelse og lukket spalte.

Resultaterne præsenteres henholdsvis ide næste tabeller:

Fryseren

Kuldebelastning		Original	1 Væg	2 liste + væg	4a Kom	4c Kom NPT12FSC 1800rpm	5 liste + væg + kom
Indv. ventilator	W	9.4	9.4	9.4	9.4	9.4	9.4
Vægge og dør	W	74	60	60	74	74	60
Kuldebro	W	8.6	8.5	3.8	8.6	8.6	3.8
Kantvarme	W	4.7	4.7	0	4.7	4.7	0
Luftskifte	W	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Total fordampbelastning	W	97.45	83.35	73.95	97.45	97.45	73.95
Effektforbrug		Original	1 Væg	2 liste + væg	4a Kom	4c Kom NPT12FSC 1800rpm	5 liste + væg + kom
Kompressor	W	94.6	80.9	71.8	89.9	78.1	59.3
Udv. ventilator	W	7	7	7	7	7	7
Indv. ventilator	W	9.4	9.4	9.4	9.4	9.4	9.4
Styring	W	8	8	8	8	8	8
Kantvarme	W	15	15	0	15	15	0
Afrimning	W	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4
Genfordampning	W	10	10	10	10	10	10
Total Forbrug	W	159.4	145.7	121.6	154.7	142.9	109.1
	kWh	3.83	3.50	2.92	3.71	3.43	2.62
Besparelse	%	-	8.6	23.7	2.9	10.4	31.6

Tabel: Resultaterne af beregningerne ved $T_{ind}=-20^{\circ}C$ og $T_{ud}=39^{\circ}C$; $T_{ford}=-33^{\circ}C$ $T_{kond}=39^{\circ}C$ – Fryseren

Køleskabet

Kuldebelastning		Original	1 Væg	2 liste + væg	4a Kom	4b Kom NLU11KK R600a	4c Kom NLT45FSN 1800rpm	5 liste + væg + kom	6 Væg + NLU11KK R600a
Indv. ventilator	W	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9
Vægge og dør	W	38	31	31	38	38	38	31	31
Kuldebro	W	4.2	4.2	1.9	4.2	4.2	4.2	1.9	4.2
Luftskifte	W	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Total fordampbelastning	W	50.5	43.5	41.2	50.5	50.5	50.5	41.2	43.5
Effektforbrug		Original	1 Væg	2 liste + væg	4a Kom	4b Kom NLU11KK R600a	4c Kom NLT45FSN 1800rpm	5 liste + væg + kom	4b Kom NLU11KK R600a
Kompressor	W	29.6	25.5	24.2	28.5	17.8	22.2	18.1	15.3
Udv. ventilator	W	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Indv. ventilator	W	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9
Styring	W	2	2	2	2	2	2	2	2
Kantvarme	W	0	0	0	0	0	0	0	0
Afrimning	W	0	0	0	0	0	0	0	0
Genfordampning	W	10	10	10	10	10	10	10	10
Traffo ???	W	6	6	6	6	6	6	6	6
Total Forbrug	W	58	53.9	52.6	56.9	46.188	50.6	46.5	43.7
	kWh	1.392	1.294	1.262	1.366	1.109	1.214	1.116	1.049
Besparelse	%	-	7.1	9.3	1.9	20.4	12.8	19.8	24.7

Tabel: Resultaterne af beregningerne ved $T_{ind}=2^{\circ}C$ og $T_{ud}=25^{\circ}C$; $T_{ford}=-12^{\circ}C$ $T_{kond}=39^{\circ}C$ – Køleskabet



Opsummering

Ovenstående beregninger tyder på at det bliver nødvendigt at kombinere flere tiltag for at reducere energiforbruget med 25 %. Det mest oplagte sted at tage fat er vægisolering. Med en forøgelse af vægisolering med 20mm i sider og ryg samt 10 mm i top og bund kan energiforbrug reduceres med 8,5 % i fryseren og 7,1 % i køleskabet.

Forbedringer ved tætningslisten hvor spalten mellem døren og væggen lukkes vil kunne yderligere reducere energiforbruget. Dette er mest udpræget i fryseren hvor alt tyder på at kantvarme kan spares væk. Energiforbruget reduceres med 23% i fryseren og 9,3 % i køleskabet når man både øger isoleringstykkelsen og lukker spalten.

Det er også nødvendigt at se på tiltag vedrørende kompressor for at reducere dens energiforbrug. Her kan man se på 3 tiltag:

4. Bedre kondensator og bedre fordamper
5. Mere effektiv kompressor
6. Variabel hastighed kompressor

Variabel hastighed NPT12FSC kompressor fra Cubigel ser ud til at være en oplagt kandidat som en alternativ kompressor i fryseren.

Fast speed kompressor fra SECOP NLU11KK ser ud til at være en oplagt kandidat som en alternativ kompressor i køleskabet. Dens arbejdsområde samt forbedret COP taler for denne kompressor. Hvis man øger isolering samt anvender denne kompressor tyder det på at energiforbruget reduceres med ca. 24,7%.

NLT45FSN kompressor fra Cubigel er også en god alternativ. Den har bedre COP samt en dækker arbejdsområde fint. Med en øget isolering og forbedret tætningsliste tyder det på at energiforbruget reduceres med ca. 19,8%.

Appendix D: Køleskab

November 2011

Marcin Blazniak Andreassen, Teknologisk Institut

Indledning

Gram Commercial har udarbejdet en rapport den 20. september 2011 ”Energianalyse på 80 mm kabinet. Prototype af køleskab”. På baggrund af denne rapport blev beregningerne opdateret så der regnes med de rigtige energiforbrug på ventilatorerne og styring.

Resultaterne ses i tabel 1, forklaring til beregningerne ses i tabel 2.

Kuldebelastning		Original	1 Væg	2 liste + væg	4a Kom	4c Kom NLT45FSN 1800rpm	4c Kom + Vent NLT45FSN 1800rpm	5 liste + væg + kom + vent
Indv. ventilator	W	5.15	5.15	5.15	5.15	10.4	6.5	6.5
Vægge og dør	W	38	31	31	38	38	38	31
Kuldebro	W	4.2	4.2	1.9	4.2	4.2	4.2	1.9
Luftskifte ⁵	W	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Total fordamperbelastning	W	47.75	40.75	38.45	47.75	53	49.1	39.8
Effektforbrug		Original	1 Væg	2 liste + væg	4a Kom	4c Kom NLT45FSN 1800rpm	4c Kom + Vent NLT45FSN 1800rpm	5 liste + væg + kom
Kompressor ⁶	W	28	23.9	22.6	26.9	23.3	21.6	17.5
Udv. ventilator	W	1.25	1.25	1.25	1.25	5.34	3.34	3.34
Indv. ventilator	W	5.15	5.15	5.15	5.15	10.4	6.5	6.5
Styring	W	4.51	4.51	4.51	4.51	4.51	4.51	4.51
Kondensat pumpe	W	0	0	0	0	0	0	0
Halogen spots	W	0	0	0	0	0	0	0
Total Forbrug	W	38.91	34.81	33.51	37.81	43.55	35.95	31.85
	kWh	0.934	0.835	0.804	0.907	1.045	0.863	0.764
Besparelse	%	-	10.54	13.88	2.83	-11.92	7.61	18.14

Tabel: Resultaterne af beregningerne ved $T_{ind}=2^{\circ}\text{C}$ og $T_{ud}=25^{\circ}\text{C}$; $T_{ford}=-12^{\circ}\text{C}$ $T_{kond}=39^{\circ}\text{C}$ – Køleskabet

⁵ Der regnes med 1 gang luftskifte pr. 24h (dvs. ingen dør åbninger)

⁶ Dette er en beregningsværdi. Effektforbrug er beregnet på baggrund af den oplyste COP i produktdatablade hvor der regnes på at kondenserings og fordampningstemperatur er $T_{fordampning}=-12^{\circ}\text{C}$; $T_{kondensering}=39^{\circ}\text{C}$

Betegnelse	Forklaring
1 Væg	Isoleringstykkelse forøges med 20mm i sider og ryg samt 10 mm i top og bund Fordamper ventilator drift tid: 40% Kondensatorventilator drift tid: 19%
2 Væg + Liste	Isoleringstykkelsen forøges med 20mm i sider og ryg samt 10 mm i top og bund + Spalte mellem døren og væggen lukkes se tabel 6 Fordamper ventilator drift tid: 40% Kondensatorventilator drift tid: 19%
4a Kom.	Fordampningstemperatur øges med 1°C og Kondenseringstemperatur reduceres med 1°C Fordamper ventilator drift tid: 40% Kondensatorventilator drift tid: 19%
4c Kom.	NLT45FSN kompressor som kører med 1800 rpm. I beregningen anvendes nuværende ventilatorerne Fordamper ventilator drift tid: 80% Kondensatorventilator drift tid: 80%
4c Kom. + Vent	NLT45FSN kompressor som kører med 1800 rpm. I beregningen anvendes tænkt ventilatorerne hvis hastighed reguleres synkront med kompressorens hastighed. I denne beregning antages det at ved kompressorhastighed på 1800rpm. Kører ventilatorerne på halv hastighed og der regnes med effektforbrug svarende til Fordamper ventilator drift tid: 100% (dog halv hastighed hvor der antages 50% energiforbrug dvs. $13W \cdot 0,5 = 6,5W$) Kondensatorventilator drift tid: 100% (dog halv hastighed hvor der antages 50% energiforbrug dvs. $6,68W \cdot 0,5 = 3,34W$)
5 Væg + Liste + Kom + Vent	Isoleringstykkelsen forøges med 20mm i sider og ryg samt 10 mm i top og bund + Spalte mellem døren og væggen lukkes + ny variabel hastighed kompressor fra Cubigel (NLT45FSN)+frekvensregulerede ventilatorer Fordamper ventilator drift tid: 100% (dog halv hastighed hvor der antages 50% energiforbrug dvs. $13W \cdot 0,5 = 6,5W$) Kondensatorventilator drift tid: 100% (dog halv hastighed hvor der antages 50% energiforbrug dvs. $6,68W \cdot 0,5 = 3,34W$)

Tabel: Forklaring af gennemførte beregninger



Opsummering

Ovenstående beregninger tyder på at det bliver nødvendigt at kombinere flere tiltag for at reducere energiforbruget med 25 %.

Variabel hastighed NPT12FSC kompressor fra Cubigel ser ud til at være en oplagt kandidat som en alternativ kompressor. Dens arbejdsområde samt forbedret COP taler for denne kompressor type.

Dog som Gram Commercial pointerede i rapporten fra den 20. september 2011 ”Energianalyse på 80mm kabinet. Prototype af køleskab” er det nødvendigt at se på ventilator drift. Hvis nuværende ventilatorer (både kondensator og fordamper-ventilatorer) bibeholdes vil den energibesparelse hentet ved at anvende ny kompressor være tabt pga. øget drift tid på ventilatorerne. Ved anvendelse af nuværende ventilatorer vil man bruge mere energi i køleskabet faktisk næsten 12% mere.

Ønsker man at bruge variabel hastighed kompressor skal man forvente at der opstår udfordring med driften på ventilatorerne. Man kan sige at der behøves ikke at cirkulere lige så stor mængde luft i møblet for at opretholde de indvendige temperaturkonditioner, derfor frekvensstyrede ventilatorerne kunne være en mulighed. Det forventes en energireduktion på ca. 7,5% når variabelhastighed kompressor kombineres med variabel hastighed ventilatorer. Det 7,5% er baseret på en forsimplet beregning, for at opnå mere nøjagtige bud på energibesparelse skal der kigges på ventilatorkarakteristik.

Appendix E: Notat vedr. elektriske emners effektforbrug

Gram Plus /Twin – K/M/F 600/660

September 2011

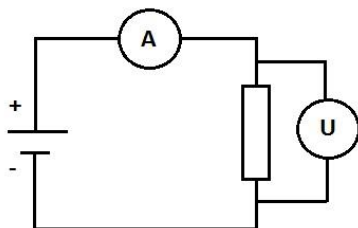
Emil Jacobsen, Teknologisk Institut

Indledning

Dette notat omhandler en kortfattet prøvning af elektriske komponenter fra Gram's Plus / Twin – K/M/F 600/660 serie. Prøvningen omfatter øjebliksmålinger af effektforbruget af de forskellige komponenter under drift, og standby - hvor dette er relevant. Desuden er effektiviteten af de enkelte transformatorer, der forsyner komponenterne blevet testet i del- og fuldlast.

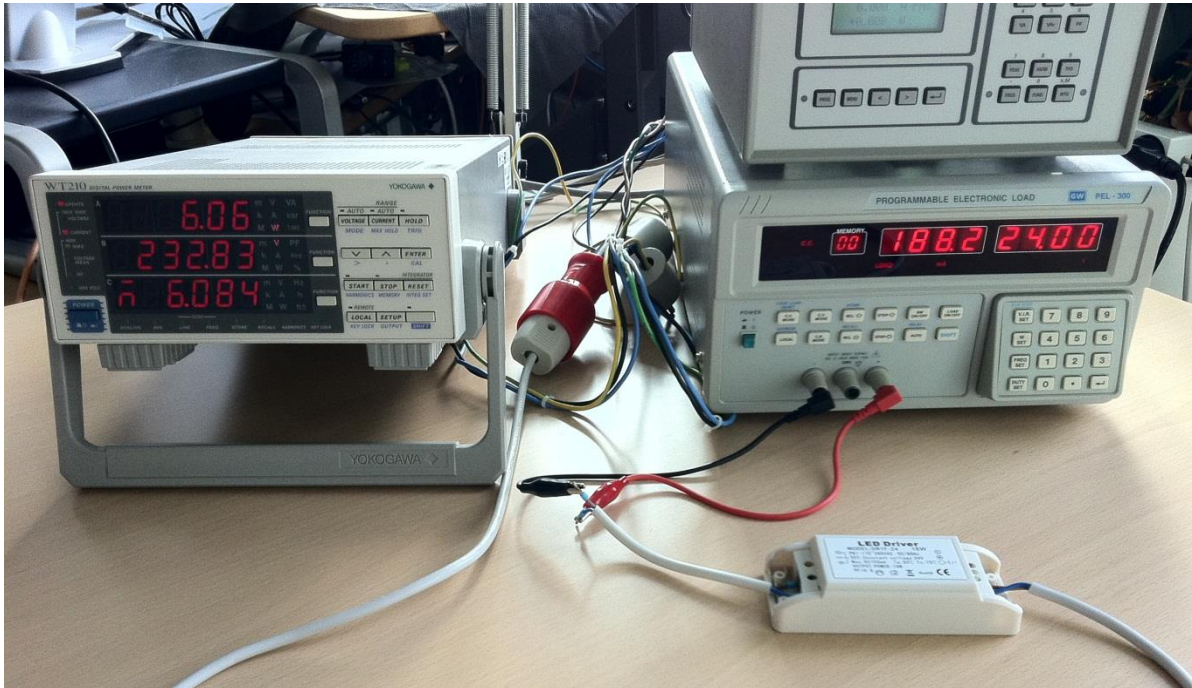
Måleopstilling

Til måling af effektforbruget på de enkelte komponenter er der blevet anvendt et digitalt multimeter i følgende måleopstilling (Figur 8-4):



Figur 8-4 Diagram af måleopstilling

Til måling af transformatorernes effektivitet er samme måleopstilling, Figur 8-4, blevet anvendt med tilføjelse af en programmerbar belastning sluttet til transformatorens sekundærside (Figur 8-5).



Figur 8-5 Måleopstilling med transformere tilsluttet til elektronisk belastning

Måleresultater

Effektforbrug

Komponent	Bemærkninger	Effektforbrug
Electronic controller	standby	3,48
Varmelegeme 6,5 W (dræn)	-	6,14
Varmelegeme 15 W (kantvarme)	-	15,22
Varmelegeme 34 W (fordampning)	-	33,59
Fordamper m. blæser	Plaset mod. 20182. 1350 rpm	10,82
Kondensator (lille) m. blæser	FMI/LUVE AA.731.507.XW	30,1
	Ebmpapst iQ 3612	6,68 (-77,8 %)
Kondensator (mellem) m. blæser	FMI/LUVE AA.731.507.XW	34,53
	Ebmpapst iQ 3612	16,58 (-52 %)
Kondensator (stor) m. blæser	FMI/LUVE AA.806.505.XW	51,36
	Ebmpapst iQ 3612	20,15 (-60,8 %)

Tabel 8-4 Forskellige komponenters effektforbrug

I forbindelse med måling af effektforbrug på kondensatorenhederne blev de originale blæsemotorer, Billede 1, udskiftet med permanent magnet blæsemoter (Ebmpapst iQ 3612), Billede 2. Udskiftningen var uden større komplikationer.

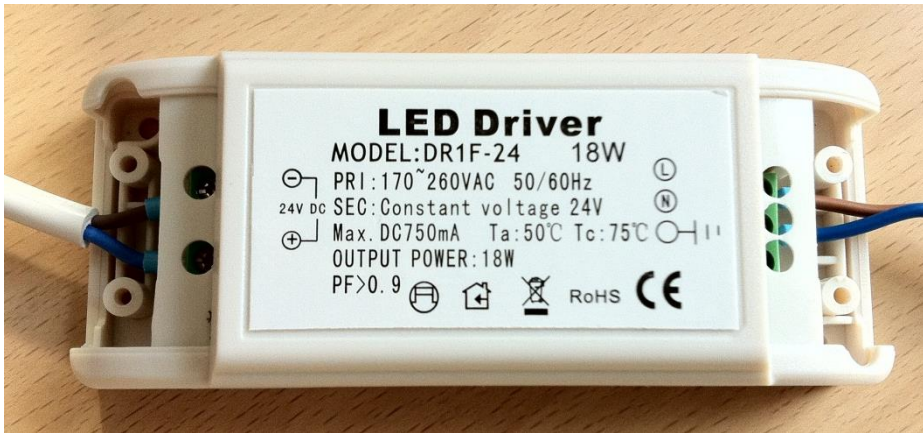


Billede 1 Originalt monteret skyggepolmotor. Set ovenfra.



Billede 2 Eftermonteret permanent magnet motor. Set ovenfra.

Transformer effektivitet



Figur 8-6 "Led Driver" transformator til LED belysning

Fabrikat	Model	Maks. effekt [W]	Funktion	
"Led Driver"	DR1F-24	18	LED belysning	
0 % last	$P_{\text{primær}}$ [W] 0,51	$P_{\text{sekundær}}$ [W] 0	P_{tab} [W] 0,51	η_{trafo} [%] 0
25 % last	$P_{\text{primær}}$ [W] 6	$P_{\text{sekundær}}$ [W] 4,5	P_{tab} [W] 1,5	η_{trafo} [%] 0,75
50 % last	$P_{\text{primær}}$ [W] 11,15	$P_{\text{sekundær}}$ [W] 8,98	P_{tab} [W] 2,17	η_{trafo} [%] 0,81
75 % last	$P_{\text{primær}}$ [W] 16,42	$P_{\text{sekundær}}$ [W] 13,5	P_{tab} [W] 2,92	η_{trafo} [%] 0,82
100 % last	$P_{\text{primær}}$ [W] 22,06	$P_{\text{sekundær}}$ [W] 17,97	P_{tab} [W] 4,09	η_{trafo} [%] 0,81

Tabel 8-5 Transformator måleresultater ved del- og fuldlast



Figur 8-7 TDC Power transformator. Funktion ukendt.

Fabrikat	Model	Maks. effekt [W]	Funktion	
TDC Power	SC1E-120-0420	5,04	?	
0 % last	$P_{\text{primær}}$ [W] 0,28	$P_{\text{sekundær}}$ [W] 0	P_{tab} [W] 0,28	η_{trafo} [%] 0
25 % last	$P_{\text{primær}}$ [W] 2,05	$P_{\text{sekundær}}$ [W] 1,28	P_{tab} [W] 0,77	η_{trafo} [%] 0,62
50 % last	$P_{\text{primær}}$ [W] 3,49	$P_{\text{sekundær}}$ [W] 2,56	P_{tab} [W] 0,93	η_{trafo} [%] 0,73
75 % last	$P_{\text{primær}}$ [W] 4,97	$P_{\text{sekundær}}$ [W] 3,83	P_{tab} [W] 1,14	η_{trafo} [%] 0,77
100 % last	$P_{\text{primær}}$ [W] 6,62	$P_{\text{sekundær}}$ [W] 5,11	P_{tab} [W] 1,51	η_{trafo} [%] 0,77

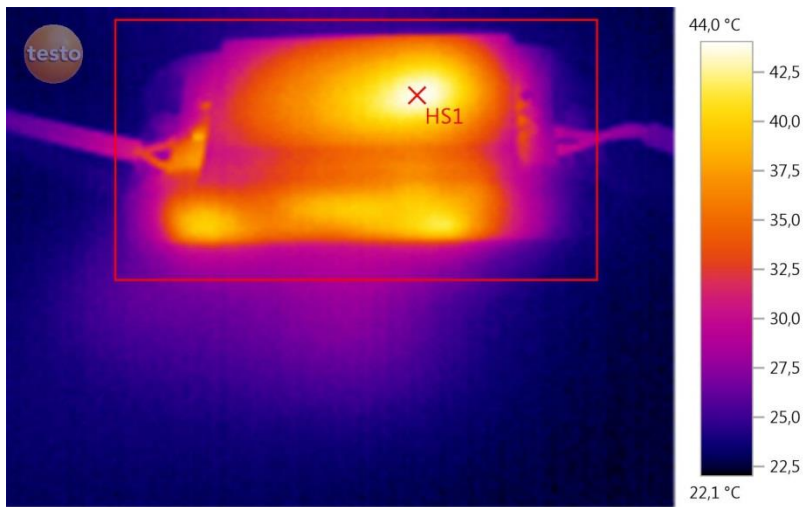
Tabel 8-6 Transformator måleresultater ved del- og fuldlast.

Fabrikat	Model	Maks. effekt [W]	Funktion	
Frivo	FW7556M/12	18	switch mode reference	
0 % last	P_{ind} [W] 0,3	P_{ud} [W] 0	P_{tab} [W] 0,3	η_{trafo} [%] 0
25 % last	P_{ind} [W] 5,7	P_{ud} [W] 4,5	P_{tab} [W] 1,2	η_{trafo} [%] 0,79
50 % last	P_{ind} [W] 11	P_{ud} [W] 8,94	P_{tab} [W] 2,06	η_{trafo} [%] 0,81
75 % last	P_{ind} [W] 16,2	P_{ud} [W] 13,31	P_{tab} [W] 2,89	η_{trafo} [%] 0,82
100 % last	P_{ind} [W] 21	P_{ud} [W] 17,58	P_{tab} [W] 3,42	η_{trafo} [%] 0,84

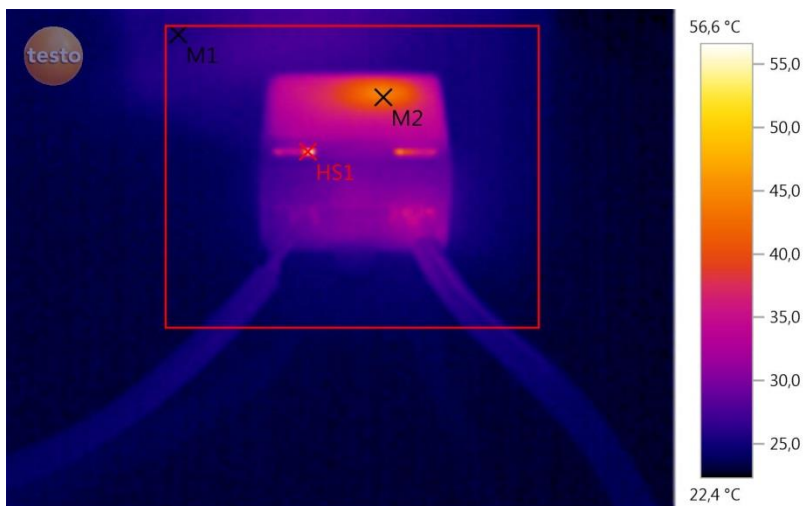
Tabel 8-7 Test af transformator reference (som sammenligningsgrundlag for testens øvrige transformere)

Termografering

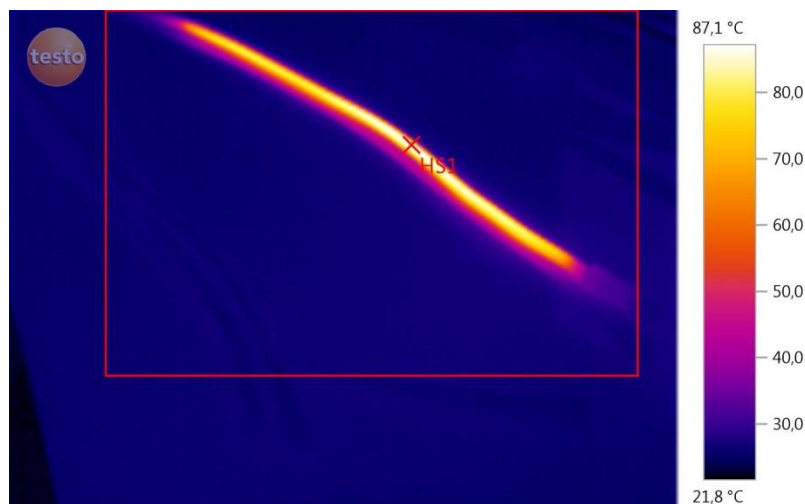
Som supplement til effekt- og effektivitetsmålingerne er enkelte relevante komponenter blevet termograferet



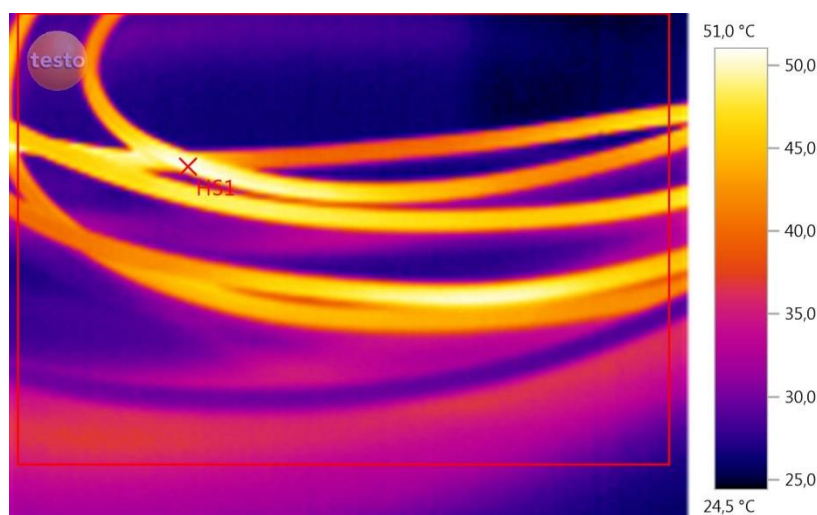
Billede 3 "LED Driver" transformator, hotspot 44 °C.



Billede 4 TDC power transformator, hotspot 56 °C.



Billede 5 Varmelegeme til dræn, hotspot 87,1 °C.



Billede 6 Kantvarmelegeme, hotspot 51 °C.

Konklusion

Fra effektmålingerne af de enkelte komponenter, er det erfaret at der ligger et stort potentiale i at udskifte kondensatorenhedernes blæsemotorer, der er konstrueret som skyggepolmotorer med en meget lav (< 25 %) akselvirkningsgrad. Ved at udskifte disse med nyere permanent magnet motorer er der påvist en besparelse på 50-80 %, idet denne type motor har en langt højere akselvirkningsgrad (ca. 65 %). Dette ved det samme omdrejningstal og volumenflow af luft henover kondensatoren.

Transformatorerne har en fin målt effektivitet der fint matcher referencen (God kvalitets switch mode transformator).

Varmelegemerne til kantvarme, afrimningsbakke, og fordampning matcher fint specifikationerne. Hvorvidt en så høj temperatur til dræn er nødvendig kan diskuteres. Ydermere kunne det være interessant at undersøge alternative varmekilder (evt. kompressorhus) til fordampning af afrimningsvand.

Appendix F: Notat vedr. elektriske emners effektforbrug, tillæg

Tillægsnotat

20. september 2011

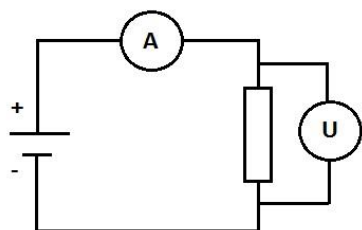
Emil Jacobsen, Teknologisk Institut

Indledning

Dette notat omhandler en kortfattet prøvning af andre elektriske komponenter, der mulighiv kan benyttes på fra Gram's Plus / Twin – K/M/F 600/660 serie eller andre serier. Prøvningen omfatter øjebliksmålinger af effektforbruget af de forskellige komponenter under drift, og standby - hvor dette er relevant.

Måleopstilling

Til måling af effektforbruget på de enkelte komponenter er der blevet anvendt et digitalt multimeter i følgende måleopstilling (Figur 8-4):



Figur 8-8 Diagram af måleopstilling

Måleresultater

Effektforbrug

Komponent	Bemærkninger	Effektforbrug [W]
LED belysning i dør	-	3,64
Varmelegeme 350 W	Afrimning af fordamperflade	354,7
Sunon 80 mm vent. MA2082-HVL	-	3,82
Sunon 120 mm vent. DP200A	165 m ³ /h (maks)	22,64
Adda 120 mm vent. AA1282UB-AT	163 m ³ /h (maks)	20,67
Ebmpapst 120 mm vent. ACi 4420 H	160 m ³ /h (maks)	3,9
Servo 125 mm vent. D1350X12CXXZ-41	12 V DC	5 (ekskl. trafotab)
Sunon 120 mm vent. EEC0381B3	12 V DC 158 m ³ /h (maks)	3,53 (ekskl. trafotab)

Tabel 8-8 Effektmålinger af enkeltkomponenter



Konklusion

Fra effektmålingerne af de enkelte komponenter, ses et potentiale i at udskifte ventilatorer, der er konstrueret med skyggepolmotorer med en meget lav akselvirkningsgrad. Ved at udskifte disse med nyere ventilatorer baseret på permanent magnet motorer opnås en markant forbedring. Dette ved ca. det samme volumenflow.

Appendix G: Termografering

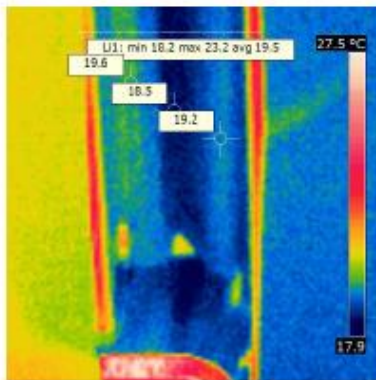


Inspection Report

Report Date 05-05-2011

Company Teknologisk Institut
Address
Thermographer Emil Jacobsen

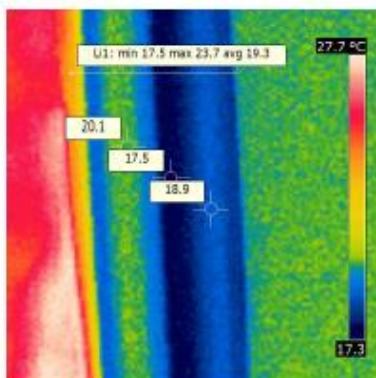
Customer Gram Commercial A/S
Site Address
Contact Person



Camera Model	FLIR InfraCAM Wester
Image Date	2011:05:05 13:53:33
Image Name	højre_bund.jpg
Emissivity	0,95
Reflected Temperature	22,0 °C
Object Distance	2,0 m

Description

Tætningsliste ved skabets højre top med spotmålinger og temperaturprofil. Konturen af dørens hængsel kan ses i billedets bund.



Camera Model	FLIR InfraCAM Wester
Image Date	2011:05:05 14:03:03
Image Name	højre_midt.jpg
Emissivity	0,95
Reflected Temperature	22,0 °C
Object Distance	2,0 m

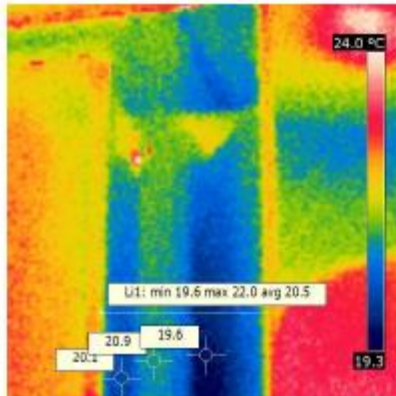
Description

Tætningsliste ved skabets højre midte med spotmålinger og temperaturprofil.

Report Date 05-05-2011

Company Teknologisk Institut
Address
Thermographer Emil Jacobsen

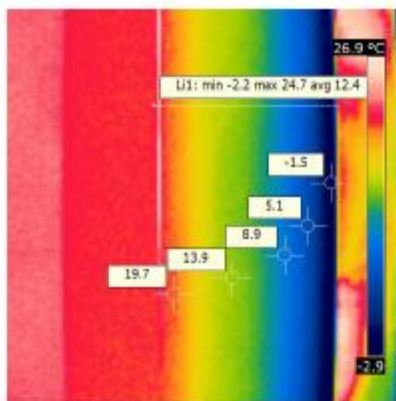
Customer Gram Commercial A/S
Site Address
Contact Person



Camera Model	FLIR InfraCAM Wester
Image Date	2011:05:05 13:55:26
Image Name	højre_top.jpg
Emissivity	0,95
Reflected Temperature	22,0 °C
Object Distance	2,0 m

Description

Tætningsliste ved skabets højre top med spotmålinger og temperaturprofil.



Camera Model	FLIR InfraCAM Wester
Image Date	2011:05:05 14:04:42
Image Name	Karm_profil.jpg
Emissivity	0,95
Reflected Temperature	22,0 °C
Object Distance	2,0 m

Description

Profilbillede af tætningslistens anlægsflade på kabinnet. Billedet er taget øjeblikkeligt efter åbning. Temperaturprofil på tværs af anlægsflade.



Inspection Report

Report Date 05-05-2011

Company Teknologisk Institut

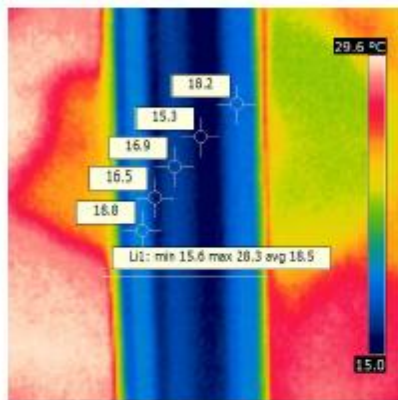
Address

Thermographer Emil Jacobsen

Customer Gram Commercial A/S

Site Address

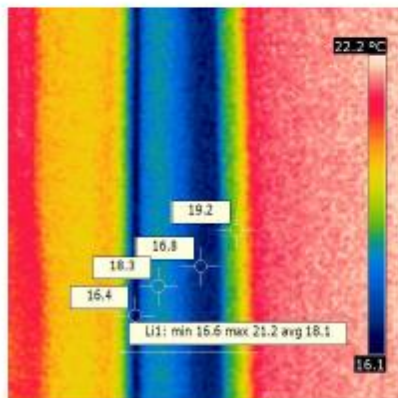
Contact Person



Camera Model	FLIR InfraCAM Wester
Image Date	2011:05:05 13:53:11
Image Name	Venstre_bund.jpg
Emissivity	0,95
Reflected Temperature	22,0 °C
Object Distance	2,0 m

Description

Tætningsliste ved skabets venstre bund med spotmålinger og temperaturprofil.



Camera Model	FLIR InfraCAM Wester
Image Date	2011:05:05 13:53:03
Image Name	Venstre_midt.jpg
Emissivity	0,95
Reflected Temperature	22,0 °C
Object Distance	2,0 m

Description

Tætningsliste ved skabets venstre midt med spotmålinger og temperaturprofil.

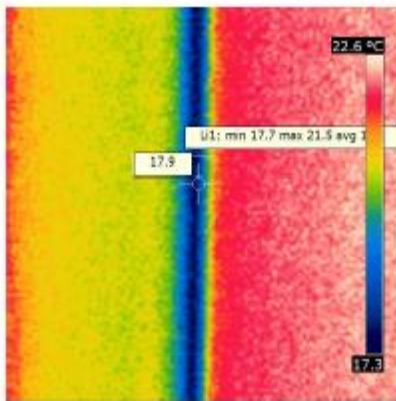


Inspection Report

Report Date 05-05-2011

Company Teknologisk Institut
Address
Thermographer Emil Jacobsen

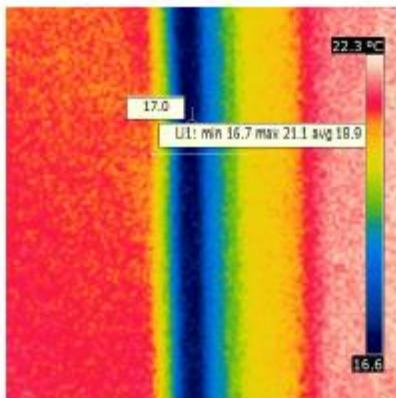
Customer Gram Commercial A/S
Site Address
Contact Person



Camera Model	FLIR InfraCAM Wester
Image Date	2011:05:05 13:52:56
Image Name	Venstre_midt_mod håndtag.jpg
Emissivity	0,95
Reflected Temperature	22,0 °C
Object Distance	2,0 m

Description

Tætningsliste ved skabets venstre midte med spotmåling på dørkantens bagside, samt temperaturprofil. Billedet er taget skråt bagfra.



Camera Model	FLIR InfraCAM Wester
Image Date	2011:05:05 13:56:59
Image Name	venstre_midt_mod kabinet.jpg
Emissivity	0,95
Reflected Temperature	22,0 °C
Object Distance	2,0 m

Description

Tætningsliste ved skabets venstre midte med spotmåling på kabinetets karm, samt temperaturprofil. Billede er taget skråt forfra



Inspection Report

Report Date 05-05-2011

Company Teknologisk Institut

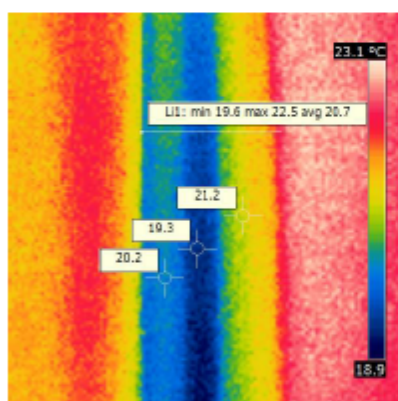
Address

Thermographer Emil Jacobsen

Customer Gram Commercial A/S

Site Address

Contact Person



Camera Model FLIR InfraCAM Wester

Image Date 2011:05:05 13:56:28

Image Name venstre_top.jpg

Emissivity 0,95

Reflected Temperature 22,0 °C

Object Distance 2,0 m

Description

Tætningsliste ved skabets venstre top med spotmålinger på og temperaturprofil.

Appendix H: Field-test-rapporter

Frederik Bramsen, Per Henrik Pedersen og Mads Aagaard Junker, Teknologisk Institut

Status 1: Field Test, Gram storkøkken køl og frys (28.8-2013)

Dette notat indeholder en beskrivelse af status for field testen af Gram storkøkken køl og fryseskabe, August 2013. Dette er den første status/test rapport.



Figur 8-9 – Temperatur-logger omgivelserne (T1) og målekassen.

Figur 8-10 – Temperatur-logger inde i kabinnet (T2).



Figur 8-11 – Gram storkøkken skabe, Stengaard skole.



Figur 8-12 – Gram storkøkken skab, Café Alma.

Data

Følgende data som giver anledning til en forskel på måleinstrumenterne er indsamlet og vist nedenfor:

	Navn	Drift [h]	Energi [kWh]	Dør tid [h]	Dør Cyklus [-]	Komp. tid [h]	Komp. Cyklus [-]	T1-T2 [C]
Ref	Jyderup stats f.	481,2	13,3	1,2	393	43	429	18,47
	Danske Bank Vejle	616,6	20,7	0,6	107	69	641	28,83
	Havregården	453	19,9	2,1	561	71	542	24,29
Ny	Stengaard Skole	1142,7	23,9	0,9	109	42,3	365	21,10
	Stengaard Skole	1142,1	22,3	0,9	109	42,3	365	20,48
	Cafe Alma	1089,8	44,9	7,2	1539	232	1265	30,11
	Carlsberg	996,5	25	1,5	530	-51,9	1131	24,87
	Strode Ralton	1006,4	27,9	1,5	559	126,6	1074	26,04
	Hillerød Hospital	453,2	12	1,1	281	56	480	26,30
	Bygningsstyrelsen	666,2	13,3	0	7	57,7	683	22,39

Tabel 8-9 - Første datasæt, KØL

	Navn	Drift [h]	Energi [kWh]	Dør tid [h]	Dør Cyklus [-]	Komp. tid [h]	Komp. Cyklus [-]	T1-T2
Ref	Jyderup Stats f.	476	65,4	0,5	226	125	1121	39,04
Ny	Kommunikationc.	1141	118,5	SKIFT		238,3	2495	45,73
	Hillerød Hospital	452,2	46,2	0,3	98	100,3	1023	47,73
	Vridsløselille	670,1	60,2	0,4	31	127,8	1174	40,96

Tabel 8-10 - Første datasæt. FRYS

Data for skabene er indsamlet i perioderne angivet i tabellen nedenfor (juli og august). De resterende skabe vil i meget nær fremtid blive besøgt for anden gang, så data fra den periode kan analyseres. Enkelte skabe er først i slutningen af august blevet sat i gang og kan derfor ikke endnu bruges i testen.

KøI				
	Nr.	Navn	Datoer 2013	
Reference	1	Jyderup Statsfængsel	12-jul	27-aug
	2	Danske Bank Vejle	19-jul	14-aug
	3	Havregården Kostskole	08-aug	27-aug
Ny generation	11	Stengaard Skole	10-jul	27-aug
	12	Stengaard Skole	10-jul	27-aug
	13	Cafe Alma	12-jul	27-aug
	17	Carlsberg	16-jul	27-aug
	18	Strode Ralton	16-jul	27-aug
	19	Hillerød Hospital	08-aug	27-aug
	20	Bygningsstyrelsen	30-jul	27-aug
Frys				
	Nr.	Navn	Datoer	
Reference	6	Jyderup Statsfængsel	12-jul	27-aug
Ny generation	21	Kommunikationscentret	10-jul	27-aug
	25	Hillerød Hospital	08-aug	27-aug
	26	Vridsløselille Statsfængsel	29-jul	27-aug

Tabel 8-11 - Måleperioder for datasæt

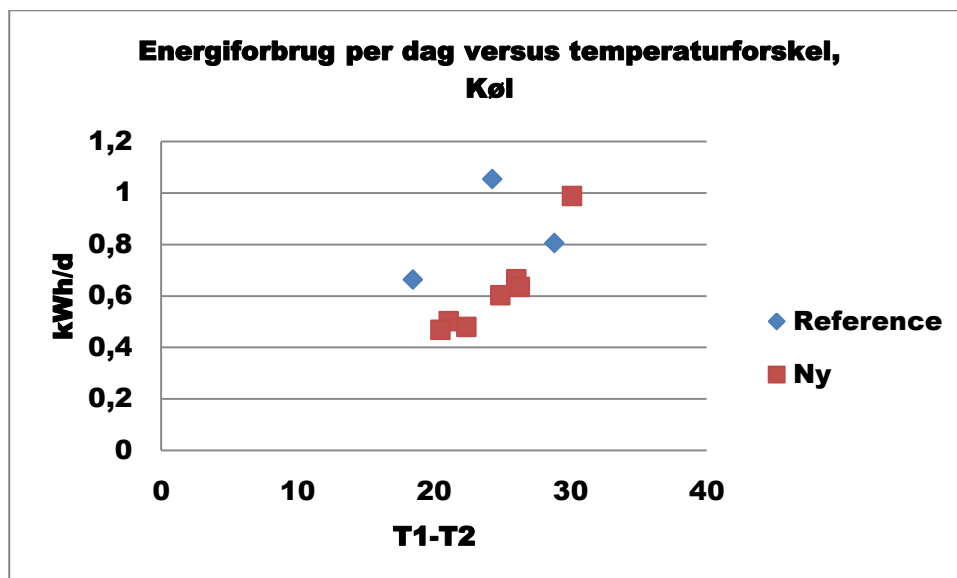
Analyse

Køl

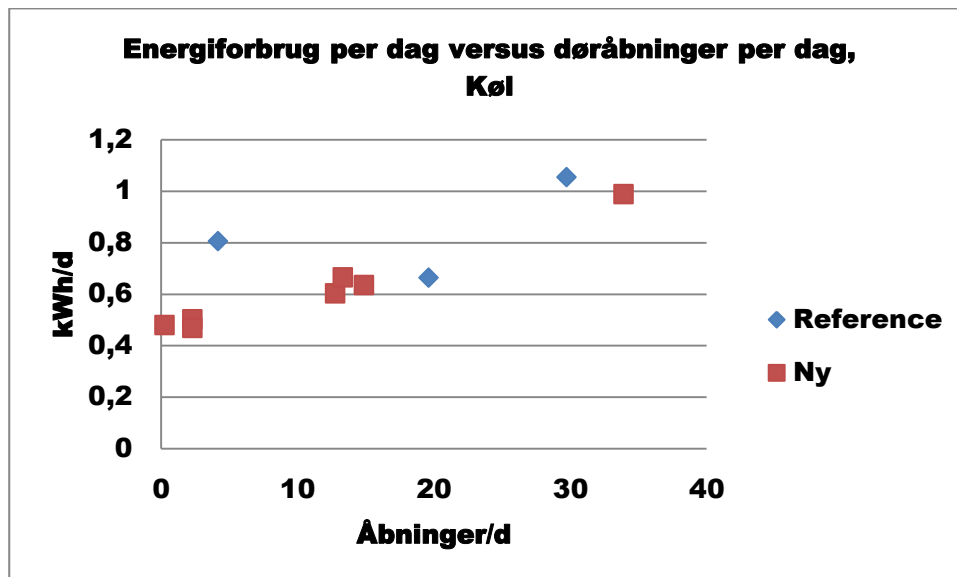
Nedenstående tabel viser energiforbrug per dag, åbninger per dag og temperaturforskellen på reference og den nye generation af storkøkken køleskabe.

Køl	Navn	kWh/dag	Åbninger/dag	T1-T2
Reference	Jyderup Statsfængsel	0,663342	19,6	18,47
	Danske Bank Vejle	0,805709	4,16	28,83
	Havregården Kostskole	1,054305	29,7	24,28
Ny	Stenggaard Skole	0,501969	2,28	21,09
	Stenggaard Skole	0,46861	2,29	20,48
	Cafe Alma	0,988805	33,89	30,11
	Carlsberg	0,602107	12,76	24,87
	Strode Ralton	0,665342	13,33	26,03
	Hillerød Hospital	0,635481	14,88	26,29
	Bygningsstyrelsen	0,479135	0,252	22,38

Nedenstående graf viser energiforbrug per dag versus temperaturforskellen inde i kabinnet og omgivelsernes temperatur.



Grafen nedenfor viser energiforbruget per dag versus døråbningerne.



De to grafer viser overordnet en fornuftig tendens i energibesparelse for den nye generation. Ved at tage en gennemsnitlig sammenligning mellem alle reference og ny generation skabe fås en besparelse på 26,2 %. Det ses i tabellen nedenfor.

	Middel kWh/d	Besparelse [%]
Reference	0,841118336	
Ny generation	0,620207195	26,26

Der er dog enkelte punkter på graferne hvor referenceskabe falder udenfor tendensen. For eksempel ses det for reference skabet med et forbrug på 0,8 kWh/d, at den ligger på linje med den nye generation, når man ser på temperaturforskellen inde i kabinettet. Den model bliver brugt meget mindre end det nye generations skab på 1 kWh/d, som det ses på grafen med døråbninger per dag. På tilsvarende måde ligger reference-skabet med energiforbrug på 0,66 kWh/d på linje med den nye generations-skabe på analysen med døråbninger. Men dette skab er det som har mindst temperaturforskel i analysen.

Derfor kan de også være interessant at lave en analyse på sammenlignelige modeller.

	Navn	kWh/dag	Åbninger/dag	T1-T2	Besparelse [%]
Reference	Jyderup Statsfængsel	0,663341646	19,6	18,47	
Ny generation	Bygningsstyrelsen	0,479135395	0,252	22,38	27,76

	Navn	kWh/dag	Åbninger/dag	T1-T2	Besparelse [%]
Reference	Danske Bank Vejle	0,805708725	4,164	28,83	
Ny generation	Carlsberg	0,602107376	12,76	24,87	25,26

Det ses at der er en signifikant besparelse, hvis modellerne udvælges med sammenlignelige åbningsmønstre samt temperaturforskel.

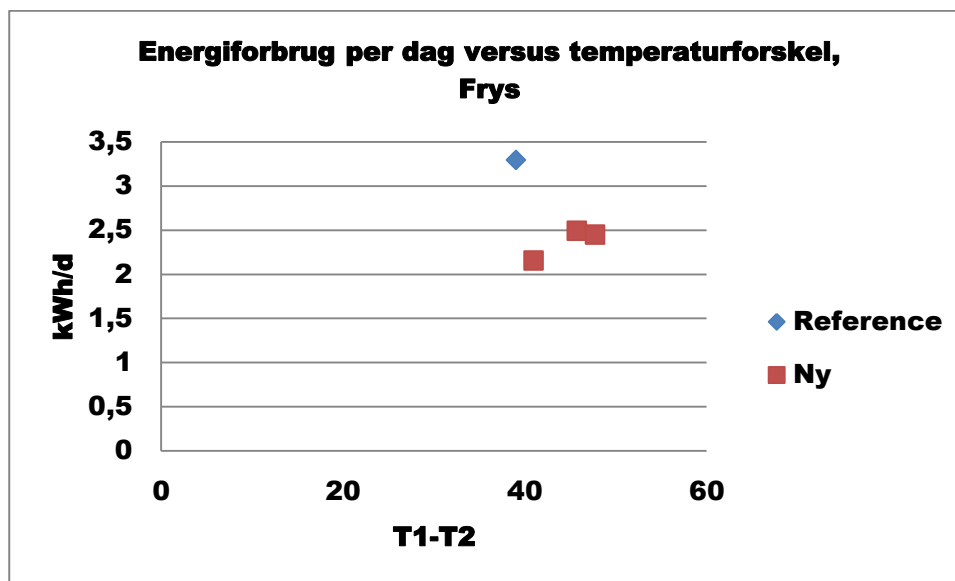
Frys

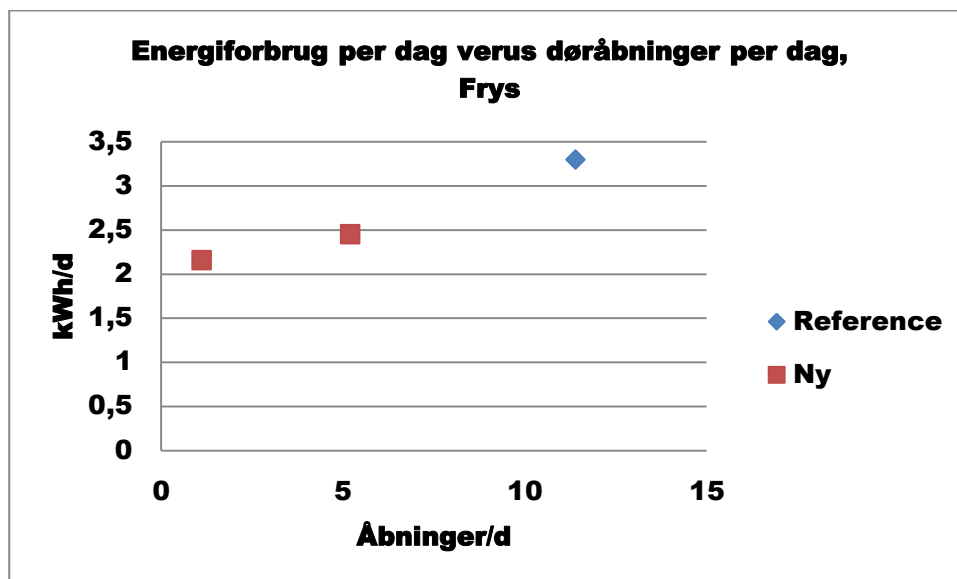
Nedenstående tabel viser de datasæt, som indtil nu kan bruges i en analyse af Gram storkøkken fryseskabe. Kommunikationscenterets skab, har fået udskiftet tælleren til døråbninger, og vil derfor i denne omgang ikke kunne bruges i den sammenligning.

Frys	Navn	kWh/dag	Åbninger/dag	T1-T2
Reference	Jyderup Statsfængsel	3,297479	11,39	39,039
Ny	Kommunikationscentret	2,49255		45,72
	Hillerød Hospital	2,452012	5,20	47,73
	Vridsløselille Statsfængsel	2,156096	1,11	40,96

Samme plots som for køleskabene er vist nedenfor. Indtil nu er det lidt begrænset med field test modeller for fryseskabene. De fleste er dog sat i gang og aflæst første gang. Ved næste aflæsning, vil der derfor være et større sammenligningsgrundlag. Det er i øvrigt også gældende for køleskabene.

Nedenstående to grafer viser energiforbrug per dag versus temperaturforskel og døråbninger per dag.





Det ses at skabene er nogenlunde sammenlignelige med hensyn til temperaturforskellen mellem omgivelserne og inde i kabinettet. Brugsmønstret (døråbningerne) er dog noget højere for referencemodellen.

En sammenligning er lavet for Jyderup statsfængsel og Hillerød hospital. Sammenligningen ses i nedenstående tabel. Besparelsen er på 25,6% . Det ses at referencemodellen bliver åbnet dobbelt så meget som det nye skab, men til gengæld er temperaturforskellen lavere for referencemodellen.

	Navn	kWh/dag	Åbninger/dag	T1-T2	Besparelse [%]
Reference	Jyderup Statsfængsel	3,297478992	11,394	39,03	
Ny generation	Hillerød Hospital	2,452012384	5,2012	47,73	25,63

Konklusion

Resultaterne fra denne første analyse, ser fornuftige ud. De foreløbige resultater afspejler nogenlunde vores forventninger. Dog er grundlaget for analysen af fryserne, stadig noget spinkelt. Der vil snart komme endnu en testrapport med flere målinger og analyser.

Status 2: Field Test, Gram storkøkken køl og frys (17.9-2013)

Dette notat indeholder en beskrivelse af status for field testen af Gram storkøkken køl og fryseskabe, september 2013. Dette er anden status-rapport, hvor flere skabe er aflæst og kommet med i analysen.



Figur 8-13 – Temperatur-logger omgivelserne (T1) og målekassen. Figur 8-14 – Temperatur-logger inde i kabinnet (T2).



Figur 8-15 – Gram storkøkken skabe, Stengaard skole.



Figur 8-16 – Gram storkøkken skab, Café Alma.

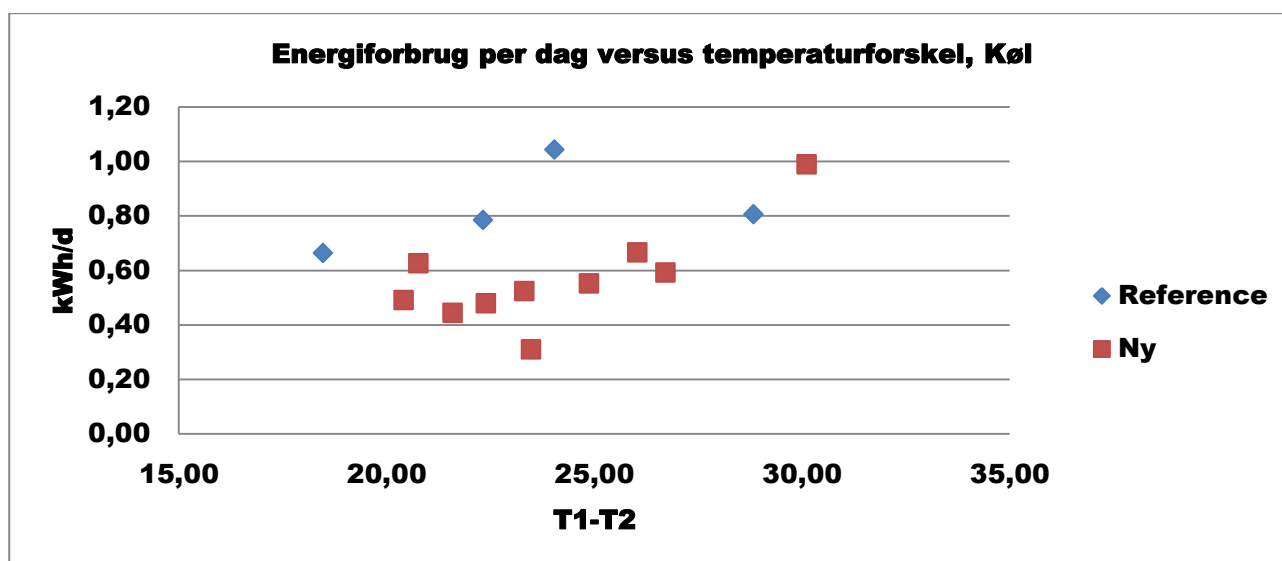
Analyse

Køl

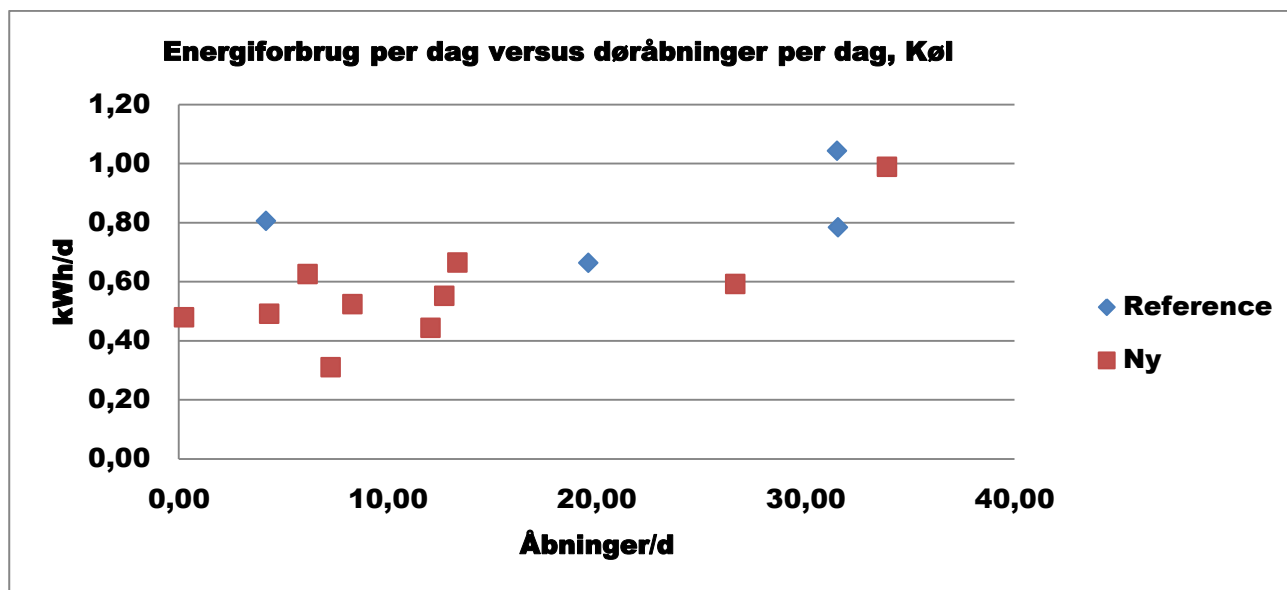
Nedenstående tabel viser energiforbrug per dag, åbninger per dag og temperaturforskellen på reference og den nye generation af storkøkken køleskabe. Asia Restaurant Odense mangler stadigvæk en aflæsning for at der er data til testen. Resten af skabene for køl, er sat i gang og kører nu fint.

Køl	Navn	kWh/d	Åbninger/d	T1-T2
Reference	Jyderup Statsfængsel	0,66	19,60	18,47
	Danske Bank Vejle	0,81	4,16	28,83
	Havregården Kostskole	1,04	31,51	24,04
	Nationalbibliotek for mennesker med læsevanskeligheder	0,78	31,55	22,32
	Asia Restaurant Odense (Mangler data)			
Ny	Stenggaard Skole	0,63	6,16	20,76
	Stenggaard Skole	0,49	4,33	20,41
	Cafe Alma	0,99	33,89	30,11
	Harald Nyborg	0,52	8,30	23,32
	Stensagergården	0,44	12,05	21,59
	Cafe Inspirazione	0,59	26,63	26,71
	Carlsberg	0,55	12,70	24,87
	Strode Ralton	0,67	13,33	26,04
	Hillerød Hospital	0,31	7,26	23,48
	Bygningsstyrelsen	0,48	0,25	22,39

Nedenstående graf viser energiforbruger per dag versus temperaturforskellen inde i kabinet og omgivelsernes temperatur.



Grafen nedenfor viser energiforbruget per dag versus døråbningerne.



De to grafer viser overordnet en fornuftig tendens i energibesparelse for den nye generation. Ved at tage en gennemsnitlig sammenligning mellem alle reference og ny generation skabe fås en besparelse på 31,18 % (Det ses i tabellen nedenfor (i forrige status rapport var besparelsen på 26,2 %)).

	Middel kWh/d	Besparelse [%]
Reference	0,824192227	
Ny generation	0,567159715	31,18

Der er dog enkelte punkter på graferne hvor referenceskabe falder udenfor tendensen. For eksempel ses det for reference skabet med et forbrug på 0,8 kWh/d, at den ligger på linje med den nye generation, når man ser på temperaturforskellen inde i kabinettet. Den model bliver brugt meget mindre end det nye generations skab på 1 kWh/d, som det ses på grafen med døråbninger per dag. På tilsvarende måde ligger reference-skabet med energiforbrug på 0,66 kWh/d på linje med den nye generations-skabe på analysen med døråbninger. Men dette skab er det som har mindst temperaturforskel i analysen.

Derfor kan de også være interessant at lave en analyse på sammenlignelige modeller.

	Navn	kWh/d	Åbninger/d	T1-T2	Besparelse [%]	Forrige Besparelse
Reference	Danske Bank Vejle	0,805	4,16	28,83		
Ny generation	Carlsberg	0,552	12,69	24,87	31,47	27,76

	Navn	kWh/dag	Åbninger/dag	T1-T2	Besparelse [%]
Reference	Havregården Kostskole	1,043	31,50	24,03	
Ny generation	Cafe Inspirazione	0,591	26,62	26,71	43,28

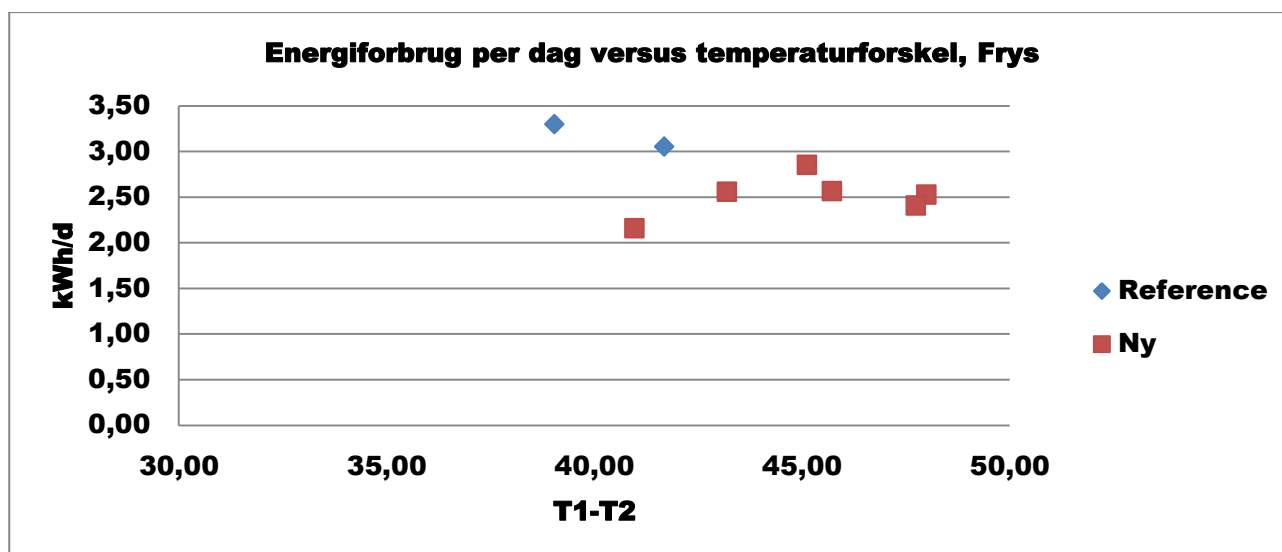
Det ses at der er en signifikant besparelse, hvis modellerne udvælges med sammenlignelige åbningsmønstre samt temperaturforskelle.

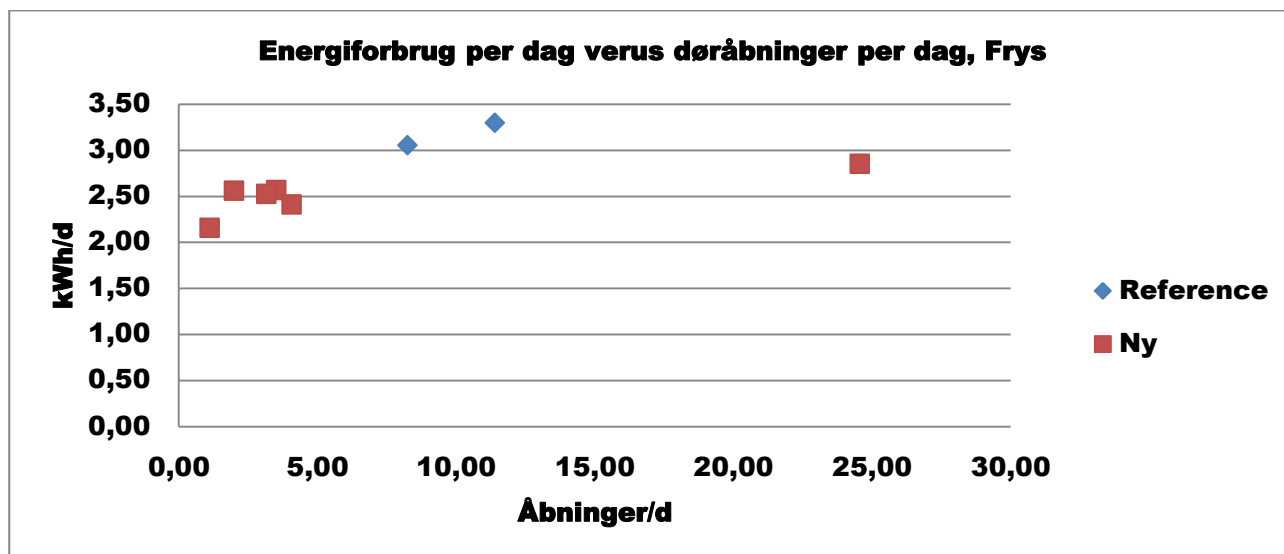
Frys

Nedenstående tabel viser de datasæt, som indtil nu kan bruges i en analyse af Gram storkøkken fryseskabe. Der er kommet flere ny generations fryseskabe på siden sidste statusrapport og 4 stk. mangler blot at blive aflæst for at der er brugbart data. Der er kommet et ekstra referenceskab. Desværre er det tvivlsomt hvorvidt Horslunde Ældrecenter når at komme med i analysen, da skabet ikke er opstillet endnu. Dermed er sammenligningsgrundlaget ikke stort, når man samtidig ser på de mange nye generations skabe.

Frys	Navn	kWh/dag	Åbninger/dag	T1-T2
Reference	Jyderup Statsfængsel	3,30	11,39	39,04
	Horslunde Ældrecenter	(Ikke sat op)		
	Helsingør Kongelig	3,05	8,25	41,68
Ny	Kommunikationscentret	2,57	3,52	45,73
	Cafe Inspirazione	2,85	24,56	45,12
	Lemvig-Møller A/S	2,53	3,15	47,99
	Bravida Danmark	2,56	1,98	43,20
	Hillerød Hospital	2,41	4,06	47,74
	Vridsløselille Statsfængsel	2,16	1,11	40,97
	Plejecenter Kildebakken	(Mangler afl.)		
	Plejecenter Kildebakken	(Mangler afl.)		
	Lemvig-Møller A/S	(Mangler afl.)		
	Kjær Group	(Mangler afl.)		

Nedenstående to grafer viser energiforbrug per dag versus temperaturforskelle og døråbninger per dag.





Det ses at skabene er nogenlunde sammenlignelige med hensyn til temperaturforskellen mellem omgivelserne og inde i kabinettet. En gennemsnitlig besparelse giver 20,89 %

	Middel kWh/d	Besparelse [%]
Reference	3,174	
Ny generation	2,511	20,89

En sammenligning er lavet for Jyderup statsfængsel og Hillerød hospital. Sammenligningen ses i nedenstående tabel. Besparelsen er på 26,96 % . Det ses at referencemodellen bliver åbnet over dobbelt så meget som det nye skab. Til gengæld er temperaturforskellen lavere for referencemodellen.

	Navn	kWh/dag	Åbninger/dag	T1-T2	Besparelse [%]
Reference	Jyderup Statsfængsel	3,30	11,39	39,03	
Ny generation	Hillerød Hospital	2,40	4,06	47,73	26,96

Sammenligning af de to fryseskabe i nedenstående tabel giver en besparelse på 17,22 %

	Navn	kWh/dag	Åbninger/dag	T1-T2	Besparelse [%]
Reference	Helsingør Kongelig	3,05	8,24	41,68	
Ny generation	Lemvig-Møller A/S	2,52	3,14	47,99	17,22

Konklusion

Resultaterne for denne analyse med data for flere skabe, ser fornuftige ud. De foreløbige resultater afspejler stadig nogenlunde vores forventninger. For køl er den gennemsnitlige besparelse steget fra 26 til 31 %. Det er tæt på den opnåede besparelsen på 29 % fra laboratorietest. For fryseskabene er der en gennemsnitlig besparelse på 20 %. Dog er grundlaget for analysen af frys, stadig spinkelt. En sammenligning af fryseskabet fra Jyderup statsfængsel og Hillerød hospital giver en besparelse på 26,9 % hvilket stemmer meget overens med den opnåede besparelse fra laboratorietest på 27 %.

Status 3: Field Test, Gram storkøkken køl og frys (01.10-2013)

Dette notat indeholder en beskrivelse af status for field testen af Gram storkøkken køl og fryseskabe, oktober 2013. Dette er tredje statusrapport, hvor de fleste planlagte skabe nu er kommet med i testen (Horslunde Ældrecenter er ikke kommet i brug).



målekassen.

Figur 8-18 – Temperatur-logger inde i kabinnet (T2).

Figur 8-17 – Temperatur-logger omgivelserne (T1) og



Figur 8-19 – Gram storkøkken skabe, Stengaard skole.



Figur 8-20 – Gram storkøkken skab, Café Alma.

Analyse

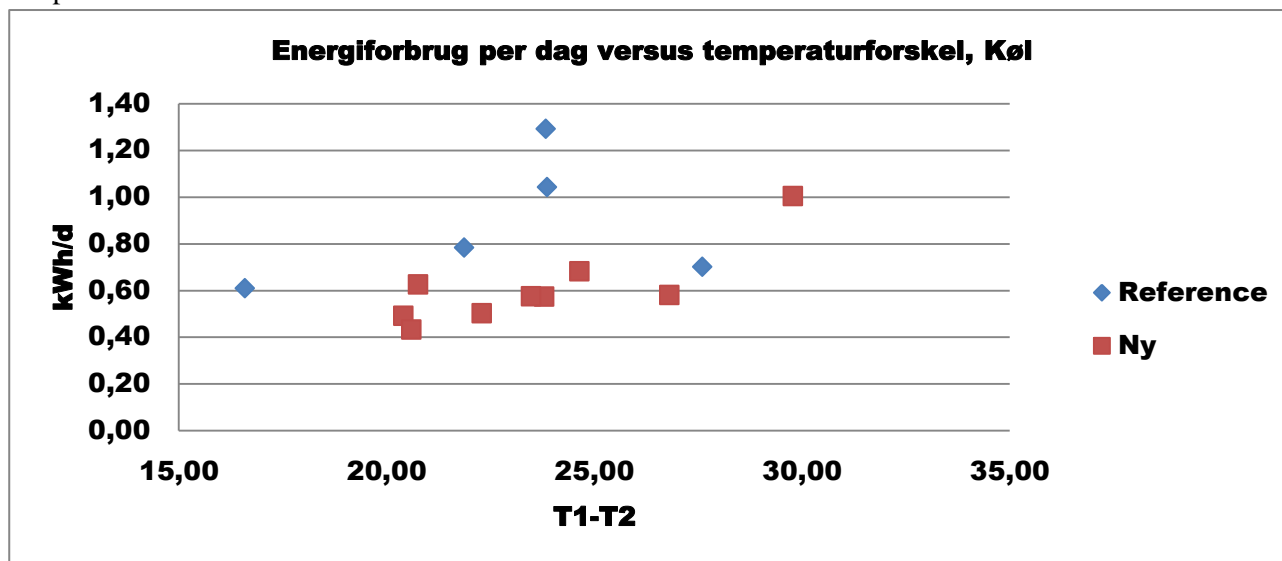
Køl

Nedenstående tabel viser energiforbrug per dag, åbninger per dag og temperaturforskellen på reference og den nye generation af storkøkken køleskabe.

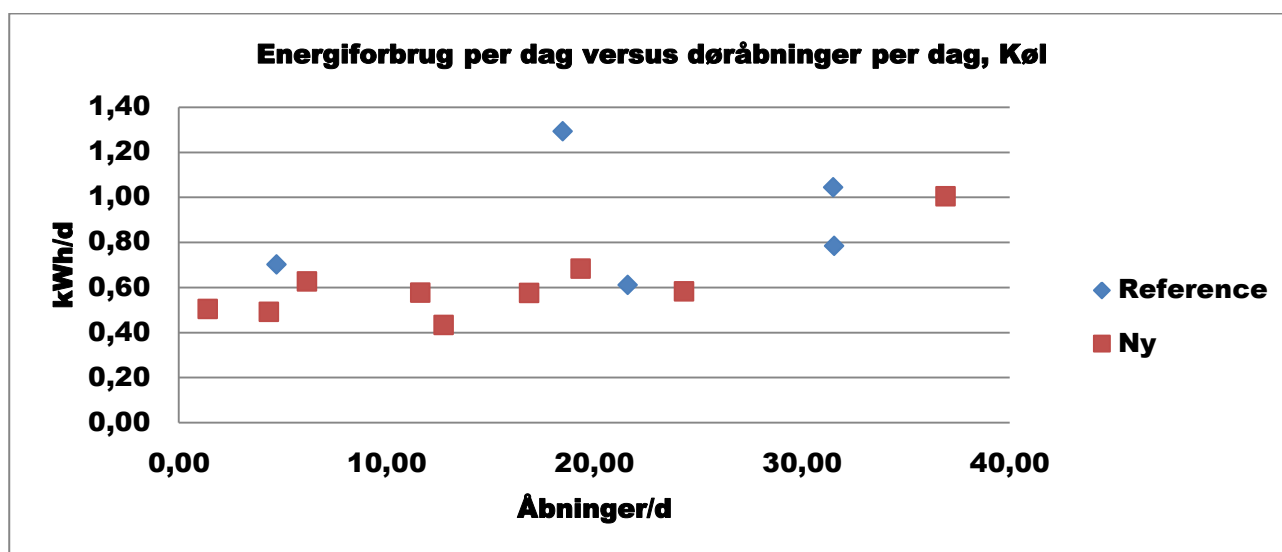
Køl	Navn	Måleperiode	kWh/d	Åbninger/d	T1-T2
Reference	Jyderup Statsfængsel	12-jul 27-sep	0,61	21,61	16,59
	Danske Bank Vejle	19-jul 23-sep	0,70	4,71	27,60
	Havregården Kostskole	08-aug 16-sep	1,04	31,51	23,86
	Nationalbibliotek	30-aug 16-sep	0,78	31,55	21,87
	Asia Restaurant Odense	28-aug 24-sep	1,29	18,49	23,84
Ny	Stengaard Skole	16-aug 16-sep	0,63	6,16	20,76
	Stengaard Skole	10-jul 16-sep	0,49	4,33	20,40
	Cafe Alma	12-jul 26-sep	1,00	36,92	29,78
	Harald Nyborg	19-jul 24-sep	1,27	8,09	21,81
	Stensagergården	19-jul 23-sep	0,43	12,75	20,60
	Cafe Inspirazione	19-jul 23-sep	0,58	24,32	26,80
	Carlsberg	16-aug 26-sep	0,57	16,86	23,79
	Strode Ralton	16-jul 26-sep	0,68	19,34	24,64
	Hillerød Hospital	08-aug 16-sep	0,58	11,62	23,48
Bygningsstyrelsen	30-jul 26-sep	0,50	1,39	22,29	

Det nye generations skab hos Harald Nyborg, er blevet repareret under testen. Det ses på data i tabellen, at skabet har et meget højt energiforbrug sammenlignet med de andre skabe. Skabet hos Café Alma var før det skab med højest energiforbrug og det bliver åbnet meget mere og har en meget højere temperaturforskel end hos Harald Nyborg. Derfor er skabet fra Harald Nyborg ikke taget med i analysen i denne statusrapport.

Nedenstående graf viser energiforbruger per dag versus temperaturforskellen inde i kabinen og omgivelsernes temperatur.



Grafen nedenfor viser energiforbruget per dag versus døråbningerne.



De to grafer viser overordnet en fornuftig tendens i energibesparelse for den nye generation. Ved at tage en gennemsnitlig sammenligning mellem alle reference og ny generation skabe fås en besparelse på 31,41 %. Det ses i tabellen nedenfor (i forrige status rapport var besparelsen på 31,18 %).

Status 2	Middel kWh/d	Besparelse [%]
Reference	0,824192227	
Ny generation	0,567159715	31,18
Status 3	Middel kWh/d	Besparelse [%]
Reference	0,886389701	
Ny generation	0,607948301	31,41

Der er dog enkelte punkter på graferne hvor referenceskabe falder udenfor tendensen. For eksempel ses det for reference skabet med et forbrug på 0,7 kWh/d, at den ligger på linje med den nye generation, når man ser på temperaturforskellen inde i kabinettet. Den model bliver brugt meget mindre end det nye generations skab på 1 kWh/d, som det ses på grafen med døråbninger per dag. På tilsvarende måde ligger reference-skabet med energiforbrug på 0,61 kWh/d på linje med den nye generations-skabe på analysen med døråbninger. Men dette skab er det som har mindst temperaturforskel i analysen.

Derfor kan det også være interessant at lave en analyse på sammenlignelige modeller.

	Navn	kWh/dag	Åbninger/dag	T1-T2	Besparelse [%]
Reference	Danske Bank Vejle	0,701	4,70	27,59	
Ny generation	Carlsberg	0,574	16,86	23,79	18,14

	Navn	kWh/dag	Åbninger/dag	T1-T2	Besparelse [%]
Reference	Havregården Kostskole	1,043	31,50	23,85	
Ny generation	Cafe Inspirazione	0,581	24,32	26,80	44,28

	Navn	kWh/dag	Åbninger/dag	T1-T2	Besparelse [%]
Reference	Asia Restaurant Odense	1,29	18,49	23,84	
Ny generation	Strode Ralton	0,68	19,34	24,64	47,20

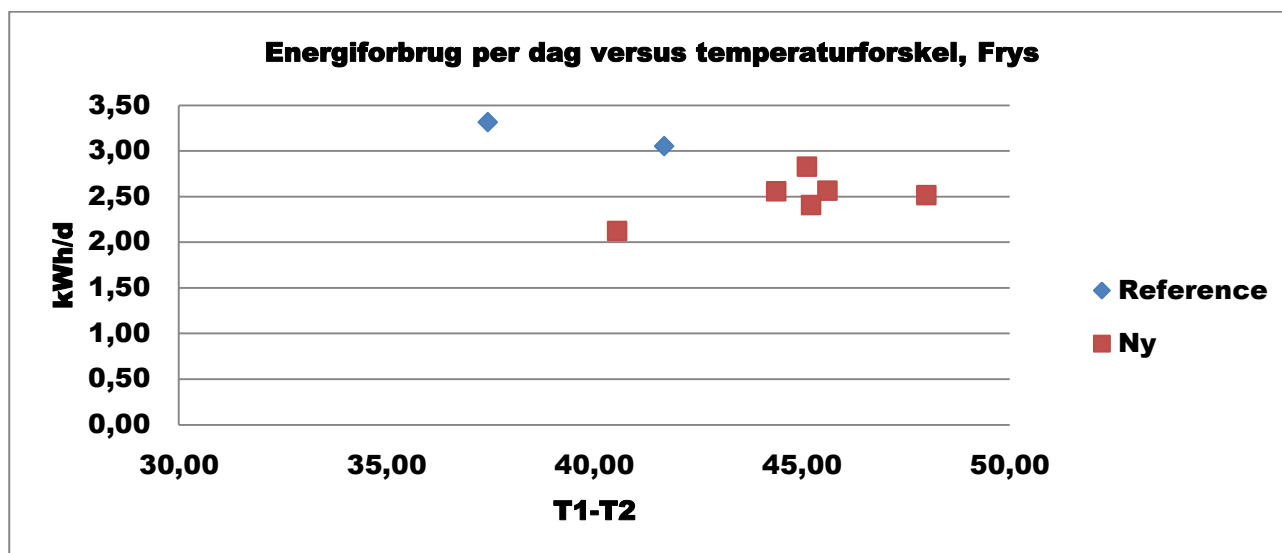
Det ses at der er en signifikant besparelse, hvis modellerne udvælges med sammenlignelige åbningsmønstre samt temperaturforskel.

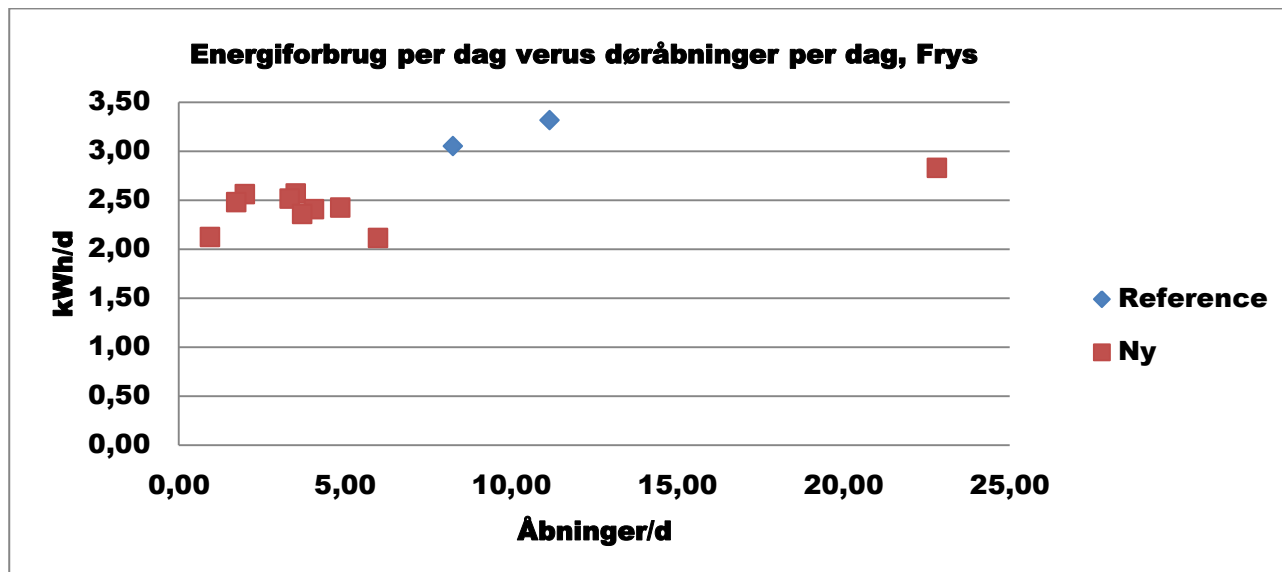
Frys

Nedenstående tabel viser de datasæt, som indtil nu kan bruges i en analyse af Gram storkøkken fryseskabe. Alle ny generations skabe er kommet med i analysen. Det er stadig tvivlsomt hvorvidt Horslunde Ældrecenter når at komme med i analysen, da skabet ikke er opstillet endnu. Dermed er sammenligningsgrundlaget ikke stort, når man samtidig ser på de mange nye generations skabe.

Frys	Navn	Måleperiode	kWh/d	Åbninger/d	T1-T2
Reference	Jyderup Statsfængsel	12-jul 27-sep	3,31	11,16	37,44
	Horslunde Ældrecenter	26-aug	IKKE I BRUG		
	Helsingør Kongelige	27-aug 16-sep	3,05	8,25	41,68
Ny	Kommunikationscentret	27-aug 16-sep	2,57	3,52	45,61
	Cafe Inspirazione	19-jul 23-sep	2,83	22,81	45,12
	Lemvig-Møller A/S	19-jul 24-sep	2,52	3,33	47,99
	Bravida Danmark	17-jul 16-sep	2,56	1,98	44,38
	Hillerød Hospital	08-aug 16-sep	2,41	4,06	45,22
	Vridsløselille Statsfængsel	29-jul 26-sep	2,12	0,94	40,55
	Plejecenter Kildebakken	29-aug 23-sep	2,11	5,99	43,84
	Plejecenter Kildebakken	29-aug 23-sep	2,36	3,71	42,55
	Lemvig-Møller A/S	28-aug 24-sep	2,48	1,73	46,32
	Kjær Group	27-aug 23-sep	2,42	4,86	44,12

Nedenstående to grafer viser energiforbrug per dag versus temperaturforskel og døråbninger per dag.





Det ses at skabene er nogenlunde sammenlignelige med hensyn til temperaturforskellen mellem omgivelserne og inde i kabinettet. En gennemsnitlig besparelse giver 23,41 % (tidligere statusrapport var besparelsen 20,89 %).

Status 2	Middel kWh/d	Besparelse [%]
Reference	3,174	
Ny generation	2,511	20,89
Status 3	Middel kWh/d	Besparelse [%]
Reference	3,182	
Ny generation	2,437	23,41

En sammenligning er lavet for Jyderup statsfængsel og Hillerød hospital. Sammenligningen ses i nedenstående tabel. Besparelsen er på 27,32 %. Det ses at referencemodellen bliver åbnet over dobbelt så meget som det nye skab. Til gengæld er temperaturforskellen lavere for referencemodellen.

	Navn	kWh/d	Åbninger/d	T1-T2	Besparelse [%]
Reference	Jyderup Statsfængsel	3,31	11,15	37,43	
Ny generation	Hillerød Hospital	2,40	4,06	45,22	27,32

Sammenligning af de to fryseskabe i nedenstående tabel giver en besparelse på 17,56 %

	Navn	kWh/d	Åbninger/d	T1-T2	Besparelse [%]
Reference	Helsingør Kongelig	3,05	8,24	41,68	
Ny generation	Lemvig-Møller A/S	2,51	3,33	47,99	17,56



Sammenligning af fryseskabene i nedenstående tabel giver en besparelse på 30,76 %. Her bliver referenceskabet åbnet mere per dag, men temperatur forskellen på den nye generation er højere.

	Navn	kWh/dag	Åbninger/dag	T1-T2	Besparelse [%]
Reference	Helsingør Kongelig	3,05	8,24	41,68	
Ny generation	Plejecenter Kildebakken	2,11	5,99	43,84	30,79

Konklusion

Resultaterne for denne analyse med data fra de fleste skabe, ser fornuftige ud. De foreløbige resultater afspejler stadig nogenlunde vores forventninger. For køl er den gennemsnitlige besparelse stadig omkring 31 %. Det er tæt på den opnåede besparelsen på 29 % fra laboratorietest. For fryseskabene er den gennemsnitlige besparelse steget fra 20 % til 23 %. Dog er grundlaget for analysen af frys, stadig spinkelt. En sammenligning af fryseskabet fra Jyderup statsfængsel og Hillerød hospital giver en besparelse på 27,32 % hvilket stemmer meget overens med den opnåede besparelse fra laboratorietest på 27 %.

Status 4: Field Test, Gram storkøkken køl og fryse (02.12-2013)

Dette notat indeholder en beskrivelse af status for field testen af Gram storkøkken køl og fryseskabe, december 2013. Dette er fjerde statusrapport, hvor de fleste planlagte skabe nu er kommet med i testen (Horslunde Ældrecenter er ikke kommet i brug).



Figur 8-21 – Temperatur-logger omgivelserne (T1) og målekassen. Figur 8-22 – Temperatur-logger inde i kabinnet (T2).



Figur 8-23 – Gram storkøkken skabe, Stengaard skole.



Figur 8-24 – Gram storkøkken skab, Café Alma.

Analyse

Køl

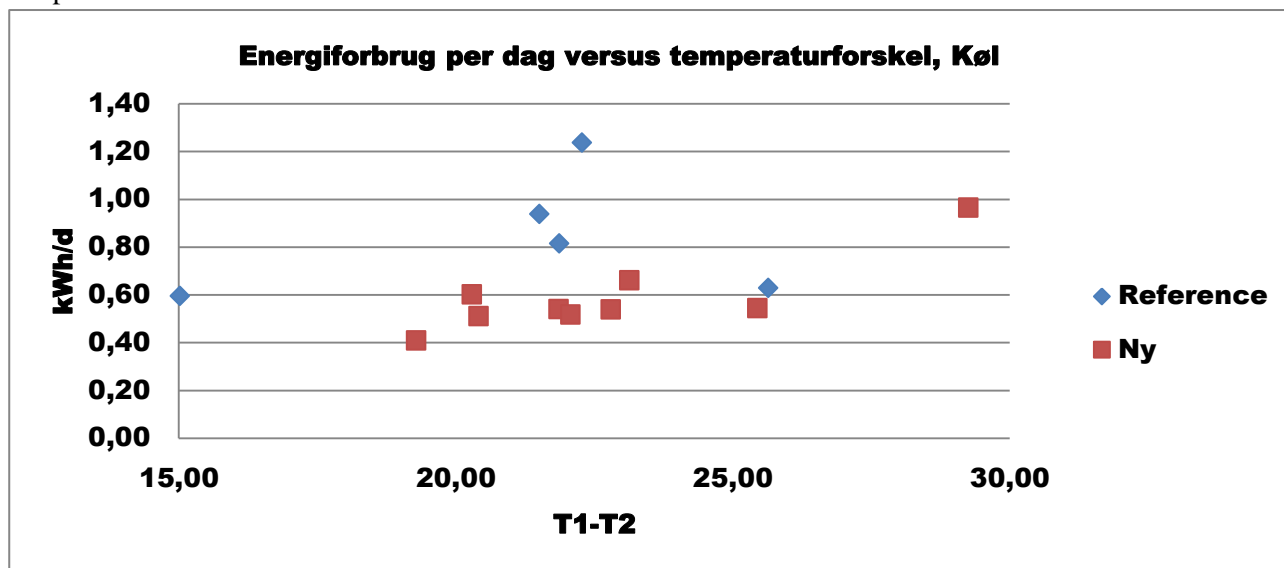
Nedenstående tabel viser energiforbrug per dag, åbninger per dag og temperaturforskellen på reference og den nye generation af storkøkken køleskabe.

Køl	Navn	Måleperiode		kWh/dag	Åbninger/dag	T1-T2
Reference	Jyderup Statsfængsel	12-jul	25-nov	0,60	19,26	15,02
	Danske Bank Vejle	19-jul	27-nov	0,63	4,95	25,64
	Havregården Kostskole	08-aug	28-nov	0,94	38,02	21,51
	Nationalbibliotek	30-aug	25-nov	0,82	35,88	21,87
	Asia restaurant Odense	28-aug	25-nov	1,24	18,73	22,28
Ny	Stengaard Skole	16-aug	29-nov	0,60	3,88	20,29
	Stengaard Skole	10-jul	29-nov	0,51	3,79	20,41
	Cafe Alma	12-jul	25-nov	0,97	37,76	29,25
	Harald Nyborg	19-jul	26-nov	0,86	8,24	21,10
	Stensagergården	19-jul	27-nov	0,41	11,87	19,29
	Cafe Inspirazione	19-jul	27-nov	0,54	22,14	25,45
	Carlsberg	16-aug	25-nov	0,54	18,43	21,85
	Strode Ralton	16-jul	29-nov	0,66	21,77	23,13
	Hillerød Hospital	08-aug	28-nov	0,54	8,65	22,80
	Bygningsstyrelsen	30-jul	25-nov	0,52	1,64	22,07

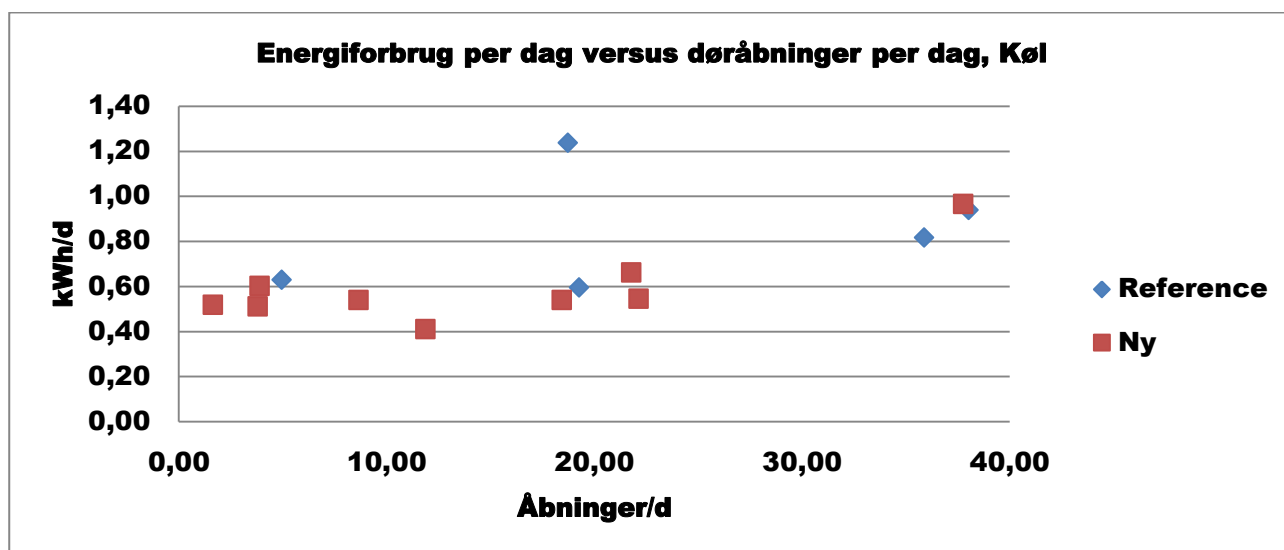
Det nye generations skab hos Harald Nyborg, er blevet repareret under testen. Det ses på data i tabellen, at skabet har et meget højt energiforbrug sammenlignet med andre skabe med samme last (Carlsberg og Hillerød hospital). Derfor ses der bort fra det skab i denne analyse.

Derudover skal det bemærkes at Asia restaurant Odense har et højt energiforbrug når der kigges på temperaturlast og åbninger. Det skab har under besøget været fedtet til af friture, hvilket også indebar kondensatoren. Derfor må det have i baghovedet ved senere analyser.

Nedenstående graf viser energiforbruger per dag versus temperaturforskellen inde i kabinen og omgivelsernes temperatur.



Grafen nedenfor viser energiforbruget per dag versus døråbningerne.



De to grafer viser overordnet en fornuftig tendens i energibesparelse for den nye generation. Ved at tage en gennemsnitlig sammenligning mellem alle reference og ny generation skabe fås en besparelse på 30,28%. Besparelserne for denne statusrapport og sidste statusrapport er vist i tabellen nedenfor.

Status 3	Middel kWh/d	Besparelse [%]
Reference	0,886389701	
Ny generation	0,607948301	31,41
Status 4	Middel kWh/d	Besparelse [%]
Reference	0,843279	
Ny generation	0,587916	30,28

Der er dog enkelte punkter på graferne hvor referenceskabe falder udenfor tendensen. For eksempel ses det for reference skabet med et forbrug på 0,63 kWh/d, at den ligger på linje med den nye generation, når man ser på temperaturforskellen inde i kabinettet. Den model bliver brugt meget mindre end det nye generations skab på 1 kWh/d, som det ses på grafen med døråbninger per dag. På tilsvarende måde ligger reference-skabet med energiforbrug på 0,6 kWh/d på linje med den nye generations-skabe på analysen med døråbninger. Men dette skab er det som har mindst temperaturforskel i analysen.

Derfor kan det også være interessant at lave en analyse på sammenlignelige modeller.

	Navn	kWh/dag	Åbninger/dag	T1-T2	Besparelse [%]
Reference	Asia restaurant Odense	1,24	18,73	22,28	
Ny generation	Strode Ralton	0,66	21,77	23,13	46,5

	Navn	kWh/dag	Åbninger/dag	T1-T2	Besparelse [%]
Reference	Havregården Kostskole	0,938853	38,02087	21,51018	
Ny generation	Cafe Inspirazione	0,544372	22,13993	25,44608	42

	Navn	kWh/dag	Åbninger/dag	T1-T2	Besparelse [%]
Reference	Danske Bank Vejle	0,629188	4,951868	25,64132	
Ny generation	Carlsberg	0,539922	18,43149	21,85253	14,2

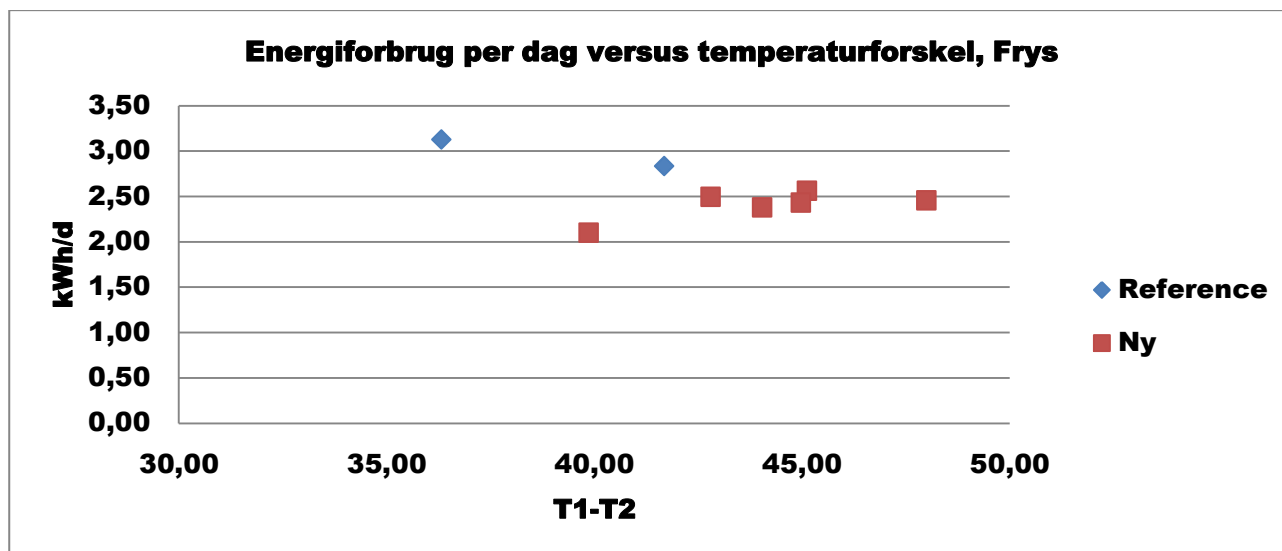
Det ses at der er en signifikant besparelse, hvis modellerne udvælges med sammenlignelige åbningsmønstre samt temperaturforskel.

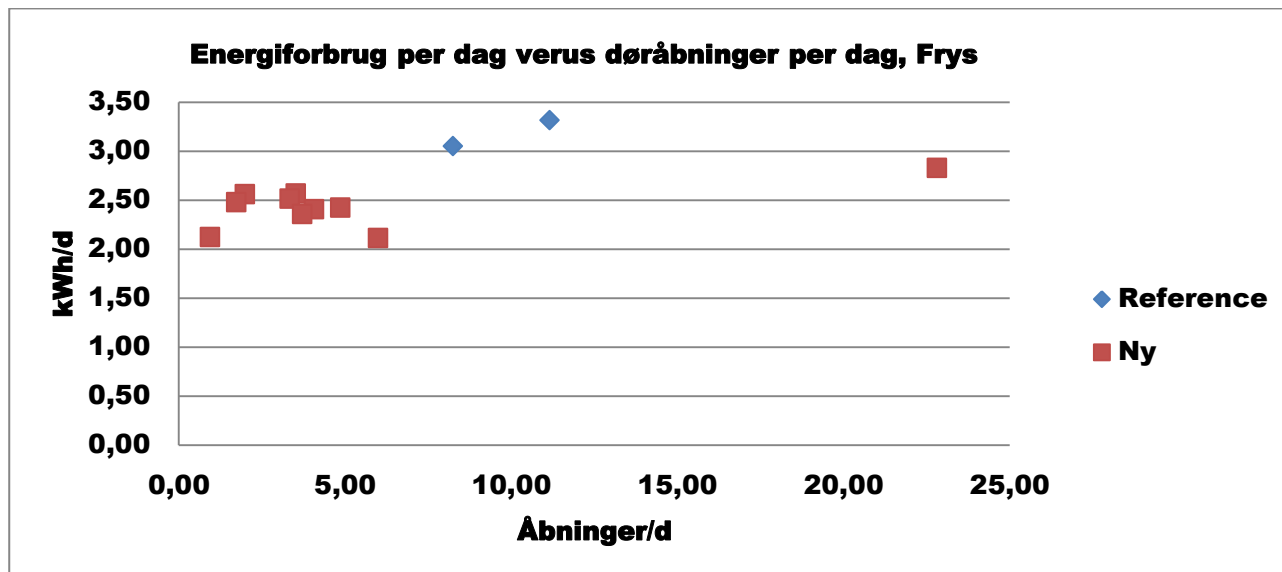
Frys

Nedenstående tabel viser de datasæt, som indtil nu kan bruges i en analyse af Gram storkøkken fryseskabe. Alle ny generations skabe er kommet med i analysen. Horslunde Ældrecenter er ikke kommet med i fieldtesten, da det ikke er blevet taget i brug endnu. Dermed er sammenligningsgrundlaget ikke stort, når man ser på de mange nye generations skabe i testen.

Frys	Navn	Måleperiode		kWh/dag	Åbninger/dag	T1-T2
Reference	Jyderup Statsfængsel	12-jul	25-nov	3,13	8,27	36,32
	Horslunde Ældrecenter	26-aug	IKKE I BRUG			
	Helsingør Kongelig v/W. Zink	27-aug	28-nov	2,83	7,47	41,68
Ny	Kommunikationscentret	27-aug	29-nov	2,38	2,60	44,04
	Cafe Inspirazione	19-jul	27-nov	2,56	18,86	45,12
	Lemvig-Møller A/S	19-jul	26-nov	2,46	3,35	47,99
	Bravida Danmark	17-jul	29-nov	2,49	2,50	42,80
	Hillerød Hospital	08-aug	28-nov	2,43	2,77	44,97
	Vridsløselille Statsfængsel	29-jul	29-nov	2,10	1,02	39,86
	Plejecenter Kildebakken	29-aug	27-nov	2,02	4,57	43,04
	Plejecenter Kildebakken	29-aug	27-nov	2,33	3,17	41,97
	Lemvig-Møller A/S	28-aug	25-nov	2,44	2,35	45,31
	Kjær Group	27-aug	26-nov	2,41	5,66	42,11

Nedenstående to grafer viser energiforbrug per dag versus temperaturforskel og døråbninger per dag.





Det ses at der er en tendens til en lidt lavere ΔT for reference skabene. En gennemsnitlig besparelse giver 20,69 % (i den tidligere statusrapport var besparelsen 23,41 %). Den lavere temperaturforskel for reference skabene kan beskrive den lavere energibesparelse sammenlignet med de ca. 27 % opnået besparelse fra laboratorietests.

Status 3	Middel kWh/d	Besparelse [%]
Reference	3,182	
Ny generation	2,437	23,41
Status 4	Middel kWh/d	Besparelse [%]
Reference	2,979408	
Ny generation	2,362937	20,69

En sammenligning er lavet for Jyderup statsfængsel og Hillerød hospital. Sammenligningen ses i nedenstående tabel. Besparelsen er på 22,15 %. Det ses at referencemodellen bliver åbnet over dobbelt så meget som det nye skab. Til gengæld er temperaturforskellen lavere for referencemodellen.

	Navn	kWh/dag	Åbninger/dag	T1-T2	Besparelse [%]
Reference	Jyderup Statsfængsel	3,13	8,273318	36,32073	
Ny generation	Hillerød Hospital	2,433333	2,774775	44,97339	22,15

Sammenligning af de to fryseskabe i nedenstående tabel giver en besparelse på 13,3 %

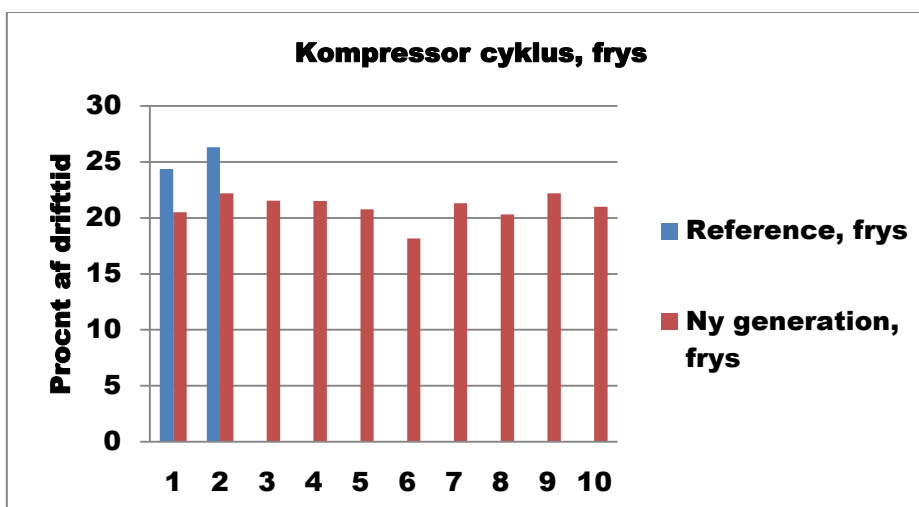
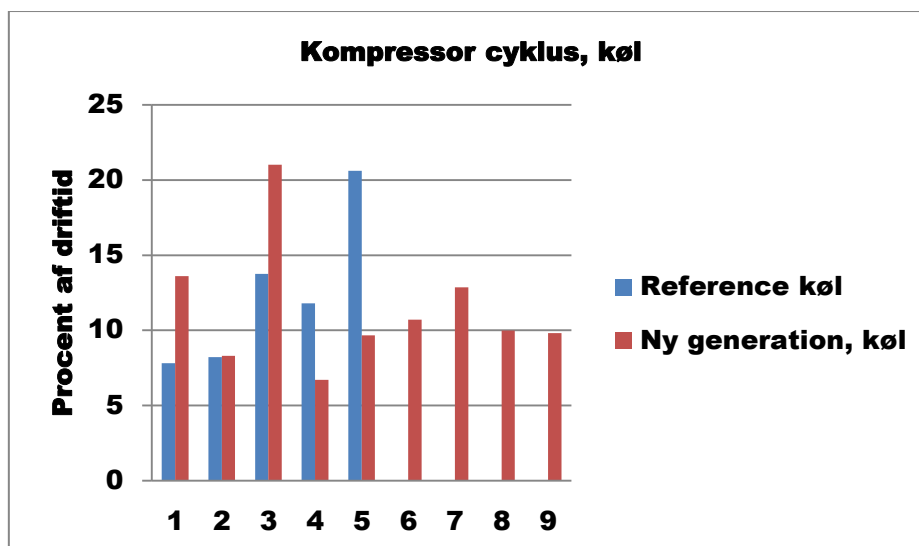
	Navn	kWh/dag	Åbninger/dag	T1-T2	Besparelse [%]
Reference	Helsingør Kongelig	2,833032	7,470184	41,68009	
Ny generation	Lemvig-Møller A/S	2,456476	3,34974	47,99405	13,3

Sammenligning af fryseskabene i nedenstående tabel giver en besparelse på 28,6 %. Her bliver referenceskabet åbnet mere per dag, men temperatur forskellen på den nye generation er højere.

	Navn	kWh/dag	Åbninger/dag	T1-T2	Besparelse [%]
Reference	Helsingør Kongelig	2,833032	7,470184	41,68009	
Ny generation	Plejecenter Kildebakken	2,022573	4,566738	43,03567	28,6

Kompressor cyklus

På nedenstående grafer, ses den procentvise andel af den samlede driftstid, hvor kompressoren har kørt. Det ses at tiden ligger omkring de 20 procent for frys og lidt højere for reference skabene. For køl, ses det at kompressortiden ligger med en middelværdi omkring 10 procent. Der er dog to som ligger noget højere omkring 20 procent. Referencemodellen som ligger omkring de 20 % er det skab, som har været belastet af friturefedt (beskrevet i afsnittet for køl). Det andet skab omkring de 20 % er ny generationsskabet, café Alma, som har haft en ret høj omgivelsestemperatur sammenlignet med de andre skabe (Det har stået i et indhak, som har sluttet til omkring skabet (se figur 4)).





Konklusion

Resultaterne for denne analyse ser fornuftige ud. Resultaterne afspejler stadig nogenlunde vores forventninger. For køl er den gennemsnitlige besparelse omkring 30 %. Det er tæt på den opnåede besparelsen på 29 % fra laboratorietest. For fryseskabene er den gennemsnitlige besparelse 20,6 %. Dog er grundlaget for analysen af frys ret spinkelt.


Appendix I - Data fra målekasserne

Skab	S/N	Køl/frys	Ref/Nygen	Firma	Tu	Ti	Dato	Drifttid [h]	Energi [kWh]	Dør tid [h]	Dør cyklus	Komp. Tid [h]	Komp. cyklus
1	10113 910	Køl	Reference	Jyderup Statsfængsel	1-T1	1-T2	12-jul	2,4	0,3	0	10	0,1	3
							27-aug	483,6	13,6	1,2	403	43,1	432
							27-sep	1226,2	31,4	3,7	1112	98,7	857
							25-nov	2632,3	65,5	7,4	2121	205,7	1642
2	10113 912	Køl	Reference	Danske Bank Vejle	2-T1	2-T2	19-jul	548,6	15,7	2497,3	7527	1646	3508
							14-aug	1165,2	36,4	2497,9	7634	1715	4149
							29-aug	1522,2	46,9	2498,4	7713	1748,6	4457
							23-sep	2118,5	61,6	2499,5	7835	1793,4	4883
							27-nov	3665	97,4	2501,5	8170	1902	5950
3	10113 911	Køl	Reference	Havregården Kostskole	3-T1	3-T2	08-aug	143,3	6,8	1	296	0,6	4
							27-aug	596,3	26,7	3,1	857	71,6	546
							16-sep	1072,6	47,2	5,6	1516	144,5	1098
							28-nov	2817,2	111,4	15,5	4532	368,4	2826
4	10113 913	Køl	Reference	Nationalbibliotek for mennesker med læsevanskeligheder	4-T1	4-T2	30-aug	1014	39,2	42	13691	2568,9	7617
							16-sep	1417,9	52,4	43,6	14222	2613,6	7929



							25-nov	3082,1	109,5	52,5	16783	2812,9	9172
5	10113 909	Køl	Refere nce	Asia Restaurant Odense	5-T1	5-T2	28-aug	295,2	21,4	1	278	84	316
							24-sep	933,9	55,8	2,7	770	219,8	958
							25-nov	2424,6	131,2	6,8	1940	522,7	2255
6	10113 905	Frys	Refere nce	Jyderup Statsfængsel	6-T1	6-T2	12-jul	2,4	0,6	0	11	0,2	3
							27-aug	478,4	66	0,5	237	125,2	1124
							27-sep	1213,3	167,8	1,4	574	320,7	2638
							25-nov	2604,5	339,5	2,3	908	634,5	5251
7	10113 908	Frys	Refere nce	Horslunde Ældrecenter	7-T1	7-T2	26-aug	90,4	11,3	0	12	0	1
8	10113 904	Frys	Refere nce	Helsingør Kongelig Priviligerede Skydeselskab v/W. Zink	8-T1	8-T2	27-aug	378,4	47	89,1	38800	85,2	500
							16-sep	852,6	107,3	89,8	38963	220,9	1236
							28-nov	2592	308,3	92,4	39489	667,6	3831
9													
10													



11	10116 785	Køl	Ny gen.	Stenggaard Skole	11-T1	11-T2	10-jul	648,2	13	Meter slukket		0	3
							08-aug	1334,3	26,1	Meter defekt	defekt	0	9
							16-aug	1528,9	30,1	0	3	21,3	176
							27-aug	1790,9	36,9	0,4	78	58,2	364
							16-sep	2265,3	49,3	1,3	192	126,8	648
							29-nov	4029,6	92,8	3,7	407	361,5	1690
12	10116 922	Køl	Ny gen.	Stenggaard Skole	12-T1	12-T2	10-jul	647,8	13,3	0,7	125	0	1
							08-aug	1333,1	26,3	0,7	134	0	5
							16-aug	1528,2	30	1,2	166	16,3	174
							27-aug	1789,9	35,6	1,6	234	42,3	366
							16-sep	2283,9	46,8	2,6	420	96,9	769
							29-nov	4026,7	85,2	4,2	659	280,7	2026
13	10113 029	Køl	Ny gen.	Cafe Alma	13-T1	13-T2	12-jul	0,8	0,3	0	7	0	3
							16-aug	828,2	35,7	5,4	1208	184,2	989
							27-aug	1090,6	45,2	7,2	1546	232	1268
							26-sep	1803,3	75,7	13	2780	391,9	2014
							25-nov	3231,2	130,3	26,8	5089	678,8	3415
14	10114 947	Køl	Ny gen.	Harald Nyborg	14-T1	14-T2	19-jul	1093,7	21,2	1,8	345	0	3
							28-aug	2041,6	41,9	4	673	106,8	695
							24-sep	2678,6	105,3	5,5	879	497,8	903



							26-nov	4173,7	131,8	8,8	1403	610,7	1927
15	10116 784	Køl	Ny gen.	Stensagergården	15-T1	15-T2	19-jul	591,5	11,1	103,5	46106	1024,3	93429
							29-aug	1587,7	29,5	106,5	46606	1097,2	94102
							23-sep	2165,1	39,5	109,2	46942	1137,3	94433
							27-nov	3714,7	64,4	112,3	47651	1233,9	95222
16	10113 027	Køl	Ny gen.	Cafe Inspirazione	16-T1	16-T2	19-jul	426,1	10,1	2,5	625	0,6	176
							29-aug	1399,5	34,1	6,8	1705	106,2	962
							23-sep	1994,9	48,1	8,8	2215	166,6	1401
							27-nov	3450,5	78,7	13	3415	293,3	2433
17	10113 028	Køl	Ny gen.	Carlsberg	17-T1	17-T2	16-jul	178,9	4,1	8,7	1912	189	8632
							16-aug	914,6	23,1	9,8	2304	108,4	9495
							27-aug	1175,4	29,1	10,2	2442	137,1	9763
							26-sep	1888,2	46,4	12,1	2988	219,8	10433
							25-nov	3310,5	77	15,7	4144	365,1	11576
18	10113 030	Køl	Ny gen.	Strode Ralton	18-T1	18-T2	16-jul	667,1	18	1	405	0,6	12
							27-aug	1673,5	45,9	2,5	964	127,2	1086
							26-sep	2386,8	66,9	5,8	1791	228,1	1746
							29-nov	3913,4	107,5	10,4	3350	417,9	2880
19	10114 957	Køl	Ny gen.	Hillerød Hospital	19-T1	19-T2	08-aug	307	6,3	6629,2	15186	3318,9	14124
							27-aug	760,2	18,3	6630,3	15467	3374,9	14604



							16-sep	1236,4	28,6	6630,8	15636	3417,7	14990	
							28-nov	2974,5	66,3	6633	16147	3585,4	16527	
20	10116 590	Køl	Ny gen.	Bygningsstyrelsen	20-T1	20-T2	30-jul	1158	23,7	6128,3	16821	945,5	3779	
							16-aug	1562	31,6	6128,3	16825	980,8	4198	
							27-aug	1824,2	37	6128,3	16828	1003,2	4462	
							26-sep	2540,9	52,7	6128,7	16901	1074,8	5163	
							25-nov	3972,6	84,4	6129,4	17013	1222	6624	
21	10114 949	Frys	Ny gen.	Kommunikationscentret	21-T1	21-T2	10-jul	288	28,8		Denne del af meter slukket	47	0,2	1
							12-jul	336,8	33,6		Meter konstatere t defekt	56	0,3	6
							27-aug	1429	147,3	0	1	238,5	2496	
							16-sep	1906,9	198,4	0,3	71	347,1	3456	
							29-nov	3672	369,6	1,1	244	698,4	6766	
22	10116 923	Frys	Ny gen.	Cafe Inspirazione	22-T1	22-T2	19-jul	377,5	41,8	3510,5	12069	6644,9	15487	
							29-aug	1350,8	157,5	3514	13065	6892,7	17366	
							23-sep	1946,2	226,7	3515,6	13560	7038,6	18512	
							27-nov	3491,6	374,3	3518,6	14516	7336	21009	
23	10113 644	Frys	Ny gen.	Lemvig-Møller A/S	23-T1	23-T2	19-jul	88,9	8,8	8077,8	17509	4030,2	6949	
							28-aug	920,2	96,3	8078,3	17618	4220,4	8942	
							24-sep	1558,9	162,9	8079	17713	4360,3	10321	



							26-nov	3055,1	312,4	8080,6	17923	4669,2	13498
24	10114 946	Frys	Ny gen.	Bravida Danmark	24-T1	24-T2	17-jul	703,7	71	0,8	137	0	2
							30-aug	1750,8	184,1	1,7	226	241,3	1827
							16-sep	2155,5	225,8	1,9	257	325,7	2551
							29-nov	3915,4	404,8	3,6	472	690,9	5665
25	10116 588	Frys	Ny gen.	Hillerød Hospital	25-T1	25-T2	08-aug	541,1	55,1	19,8	1345	4271,5	15416
							27-aug	993,3	101,3	20,1	1443	4371,8	16439
							16-sep	1468,9	148,2	20,3	1502	4465,4	17458
							28-nov	3205,1	325,2	20,9	1653	4824,7	21056
26	10113 643	Frys	Ny gen.	Vridsløselille Statsfængsel	26-T1	26-T2	29-jul	383,9	33,7	0,2	26	59,4	591
							27-aug	1054	93,9	0,6	57	187,2	1765
							26-sep	1766,5	156	0,9	80	315,8	2980
							29-nov	3286,8	287,8	1,7	149	586,8	5422
27	10113 647	Frys	Ny gen.	Plejecenter Kildebakken	27-T1	27-T2	29-aug	189,3	14,6	0,2	26	37,8	407
							23-sep	785,9	67,1	0,7	175	173,6	1648
							27-nov	2333,5	195,3	1,7	434	494,9	4486
28	10114 958	Frys	Ny gen.	Plejecenter Kildebakken	28-T1	28-T2	29-aug	188	18,2	0,2	37	38,5	450
							23-sep	782,7	76,6	0,4	129	162,1	1594
							27-nov	2325,3	225,5	0,9	319	472,6	4327



29	10116 783	Frys	Ny gen.	Lemvig-Møller A/S	29-T1	29-T2	28-aug	794,2	85,8	0,2	88	193,5	1935
							24-sep	1432,9	151,8	0,4	134	337,8	3343
							25-nov	2929,1	302,7	1,2	297	667,1	6396
30	10113 645	Frys	Ny gen.	Kjær Group	30-T1	30-T2	27-aug	384,1	58,4	0,6	128	285,8	3715
							23-sep	1001,7	120,8	1,5	253	418,5	5011
							26-nov	2530,1	274,3	4,4	634	736,5	7969



Appendix J - Workshops

Der er afholdt 4 workshops i projektet:

1. Workshop hos Teknologisk Institut i Aarhus den 23. maj 2011.
2. Workshop hos SECOP i Flensborg den 28.9. 2011. Dette referat er fortroligt efter ønske fra SECOP, men Teknologisk Institut har det og kan vise det til energistyrelsen, hvis det ønskes.
3. Workshop hos Gram Commercial i Vojens den 21. Juni 2012.
4. Workshop hos Vestfrost Solutions den 15. april 2013.

Alle præsentationer (på nær ét fra SECOP) kan ses på dette link:

<http://www.teknologisk.dk/feha/30756>

I dette appendiks er de tre offentliggjorte referater gengivet:

Workshop 1

Teknologisk Institut

6. juni 2011/Per Henrik Pedersen

Kort referat fra 1. workshop i EUDP-projektet: Fremtidssikring af dansk produktion af professionelle kølemøbler.

Tid og sted:

Den 23. maj 2011 på Teknologisk Institut, Aarhus

Deltagere:

Bjarke Hansen, Energistyrelsen
Bent Christensen, Vestfrost
Carsten Høll Kristensen, Vestfrost
Anders Sjøgaard, Gram Commercial
John Lund, Gram Commercial
John B. Petersen, Gram Commercial
Hans O Matthiesen, Danfoss

Poul Erik Hansen, SECOP
Tommy Hansen, SECOP
Lars Overgaard, SECOP
Henrik Dahl Thomsen, EBM Papst
Marcin Blazniak Andreassen, Teknologisk Institut
Emil Dybro Jacobsen, Teknologisk Institut
Per Henrik Pedersen, Teknologisk Institut

Form og indhold:

Der blev vist 8 præsentationer på workshoppen, og disse vil blive placeret på en hjemmeside, som alle deltagere vil blive inviteret til at benytte:

<http://www.teknologisk.dk/feha/30756>

Det er vanskeligt at skrive et retfærdigt og udfyldende referat fra workshoppen, idet der var masser af informationer i præsentationerne og der var masser af diskussioner undervejs.

Jeg vil i stedet opfordre til, at man ser på de specifikke præsentationer og gå i direkte dialog med hinanden om detaljer.

EU Ecodesign-kriterier:

Jeg vil dog fremhæve vores diskussion af fremtidige Ecodesign-kriterier for professionelle kølemøbler, og Bjarke Hansens indlæg.

Det ser nu ud til, at der kommer regulering af storkøkkenkøleskabe og –frysere, og at MEPS-kriterierne kommer til at ligne kriterier for produktlister i UK og DK. (MEPS = Minimum Efficiency Performance Standards).

Vinkølere (til privat brug) er ligeledes på plads, idet der starter energimærkningsordning pr. november 2011.

Derimod kniber det mere med kriterier for flaskekølere.

Det er i dansk interesse, at der kommer ordninger, og det vil fremme de energieffektive danske produkter.

Vi blev enige om, at følge udviklingen løbende, og vende tilbage til det på næste workshop til efteråret 2011. Hvis der sker noget epokegørende undervejs vil gruppen blive orienteret og inddraget.

Hvis der er gode ideer til ordninger for flaskekølere kan vi diskutere dette og eventuelt fremsende dette til Kommissionen.

Efterskrift:

Jeg er sikker på, at alle deltagere gik hjem med nye informationer og ideer, og at det vil afspejle sig i de specifikke udviklingsforløb i EUDP-projektet.

Det var en begivenhedsrig dag!

Workshop 2

Referatet er fortroligt (efter ønske fra Secop), men kan fremvises til EUDP-sekretariatet, hvis det ønskes.

Workshop 3

Teknologisk Institut
10. august 2012/Per Henrik Pedersen

Referat fra 3. Workshop i EUDP-projektet: Fremtidssikring af dansk produktion af professionelle køleskabe og –frysere, afholdt den 21. juni 2012 hos Gram Commercial i Vojens

Deltagere:

Anders Sjøgaard, Gram Commercial
John Lund, Gram Commercial
Anders Hundevad, Gram Commercial
Bent Christensen, Vestfrost Solutions
Tommy Jozefowicz, Danfoss
Lars Overgaard, SECOP
Henrik Dahl Thomsen, EBM Papst
Bjarke Hansen, Energistyrelsen
Marcin B Andreassen, Teknologisk Institut
Per Henrik Pedersen, Teknologisk Institut

Alle præsentationer fra workshoppen vil blive lagt på www.teknologisk.dk/feha. Tryk på EUDP-projekt og tryk på Workshop 3.

1. Velkomst v. Gram

Anders Sjøgaard bød velkommen til Gram Commercial i Vojens, og præsenterede 100 års industrihistorie med produktion på fabrikken i Vojens. I dag producerer Gram Commercial køleskabe og frysere til storkøkkener, til institutioner, biotek m.v. Præsentationen kan ses på ovennævnte hjemmeside.

2. Baggrund for projektet.

PHP gennemgik igen hurtigt baggrunden for projektet og formålet med dette 3. workshop. Formålet er gøre status for fremskridt i projektet, se på nye tekniske muligheder; - samt at give input til Energistyrelsen mht. Ecodesign og energimærkning af prof. køleskabe. PHPs præsentation kan ses på ovennævnte hjemmeside.

3. Rundgang på fabrikken.

AS og JL viste rundt på fabrikken, hvor man fremviste hele produktionsgangen fra pladebearbejdning til samling og opskumning af kabinetter, montage af kølesystem og fyldning og afprøvning af kølesystem m.v. Gram har et meget moderne og automatiseret produktionsapparat.

4. Status i udviklingssporene i projektet

BC fra Vestfrost fortalte om fremskridtet i test af prototyper af flaskekøler og vinkøler i projektet.

Flaskekøler: Test med ny glasdøre (3-lags) medførte en besparelse på 18,4 % og en hurtigere nedkølingstid i henhold til Coca-Cola-pull down test (10 % tidsreduktion). Test med ny SECOP-kompressor (NLU15KTK) viste yderligere 4 % besparelse. Sidstnævnte test vil blive gentaget, idet man regner med større besparelse med denne nye kompressor.

Vinkøler: Testene foregår hos TI, og der er gennemført en række forbedringer: nogle varmeafgivende elektriske produkter er flyttet udenfor skabet, der er monteret 3-lags glasdør, der er ny én ventilator mod tidligere 2 ventilatorer. Nu har man sparet 28 % i elforbruget, men der skal spares yderligere 11 % for at komme i energiklasse A. Samme dag som workshoppen ville køleren blive ombygget med en ny prototype SECOP-kompressor XV5, og det har gjort underværker efterfølgende. Det vender vi tilbage til på næste workshop !

BCs præsentation kan ses på ovenstående hjemmeside.

AS og JL fortalte om fremskridt i test af prototyper af GRAM PLUS K/F600 køle- og fryseskabe til storkøkkener. Man har forøget isoleringstykkelsen ved at gøre skabet lidt bredere og ved bedre at udnytte det indre volumen, og det medfører besparelser på 9 – 12 %. Der er ligeledes gennemført test med en ny generation af SECOP-kompressorer, og det betyder for fryseskabets vedkommende en besparelse på 27 % og for køleskabet en besparelse på 29 % (ny kompressor + forbedret isolering).

Der foregår ligeledes aktiviteter med at undersøge muligheder for varmgasafrimning, kassetteløsning (hele køleanlægget i en udtagelig kassette) m.v. Grams præsentation kan ses på ovennævnte hjemmeside.

MBA fra TI viste beregninger med matematiske modeller af de involverede køleskabe. Det er muligt at estimere hvad de forskellige tiltage vil medføre for energiforbruget, og resultaterne fra Vestfrost og Gram har heldigvis også vist, at det passer nogenlunde! Marcins præsentation på findes på ovennævnte hjemmeside.

Marcins beregninger har medvirket til prioriteringer af indsatsen i de to udviklingsforløb.

HDT fremviste nye tiltag fra EBM Papst på ventilatorområdet. Ved at skifte fra skyggepolmotorer til permanentmagnetmotorer kan spares 70 % i elforbrug. Der sker nye tiltag for at reducere støj, bl.a. med nyt vingedesign og ved brug af net.

EBM Papst har endvidere nye ATEX-godkendte produkter, som kan være interessante når der benyttes brændbare kølemidler.

Henriks præsentation kan findes på ovennævnte hjemmeside.

TJ, Danfoss viste en præsentation, som advokerer for brug af ekspansionsventiler i stedet for kapillarrør, som traditionelt benyttes i professionelle køleskabe. TD1-ventilen vil passe, og man kan spare op til 10 % i elforbrug, idet fordampere vil fyldes bedre og mere præcist. TJs præsentation kan ses på ovenstående hjemmeside.

PHP konstaterede, at vi er lidt bagefter tidsplanen. PHP vil meddele dette i forbindelse med årsrapporteringen til EUDP i juli 2012 (er sket!), og vi må se, at indhente noget at det forsømte i løbet af efteråret.

5. EU Ecodesign-processen for professionelle køleskabe.

Der er kommet nyt forslag til Ecodesign-krav og energimærkningsordning for professionelle køleskabe og –frysere. PHP gennemgik det gamle og det nye forslag, som får betydning for storkøkkenkølemøbler og semiprofessionelle køleskabe til opbevaring af mad. Det gælder ikke for salgskølemøbler, hvor der forventes en anden (fremtidig) regulering.

Forslaget er gennemgået i en præsentation, som kan ses på ovenstående hjemmeside.

Fordelen ved det nye forslag er, at det passer bedre end det gamle ift. de små semiprofessionelle køleskabe. Ulempen er, at det er lidt svagere end det første forslag overfor normale storkøkkenkølere og –frysere, og man har imødekommet et italiensk forslag om at modificere testmetoden i forhold til EN23953/EN441, som udgør grundlaget for de eksisterende produktlister i DK og UK. Endelig vil det tage lang tid før de nye regler kommer på plads i fuldt omfang.

Både AS og PHP havde estimeret, at de bedste Gram storkøkkenkøleskabe vil komme til at ligge i energiklasse A+. Grams lille undercounter køleskab K210G vil komme til at ligge i den allerbedste klasse A+++ . Grams bedste storkøkkenfryseskab vil komme til at ligge i energiklasse A, mens det lille undercounter fryseskab F210G vil komme til at ligge i A++.

Prototyperne i EUDP-projektet kommer til at ligge i A++ for både køleskab og fryseskab, som det tegner sig lige nu.

Flere deltagere udtrykte skuffelse over, at ambitionsniveauet i dette forslag er for vagt, og at det tager for lang tid.

BH sagde, at Energistyrelsen tager dette til efterretning og vil bruge dette som input til EU-forhandlingerne om de kommende krav. Energistyrelsen er på overordnet plan enig i de fremførte synspunkter.

Efterfølgende har der den 3. juli været Informal Consultation møde i Bruxelles, og her fremførte DK, at kravene bør være mere ambitiøse, og det bør gå hurtigere med at introducere regelværket.

På mødet fremgik, at det vil være OK at benytte f.eks. A++ i sin markedsføring, selvom dette mærke først vil blive introduceret i det 3. trin af ordningen i 2016. Man vil således kunne reklamere med, at sit køleskab er i energiklasse A++ allerede fra ordningens start fra 1. juli 2014 (ifølge forslaget).

Der er dog meget der tyder på, at stærke kræfter forsøger at forhale processen, og det kan måske blive forsinket med et år eller mere.

6. Afslutning

Workshop 4

Teknologisk Institut

30. April 2013/Per Henrik Pedersen

Referat fra den 4. Workshop i EUDP-projektet: Fremtidssikring af dansk produktion af professionelle køleskabe.

Tid: 15. april 2013 fra kl. 10.00 – 15.00

Sted: Hos Vestfrost Solutions, Esbjerg

Deltagere:

Vestfrost: Lars Gorzelak og Bent Christensen (+ Lasse Bech til punkt 6 på dagsordenen)

Gram Commercial: Anders Sjøgaard og John Lund

Danfoss: Hans O. Matthiesen

SECOP: Lars Overgaard

Ebm Papst: Henrik Dahl Thomsen

Energistyrelsen, EUDP-sekretariat: Povl Frich

Teknologisk Institut: Marcin Blazniak Andreasen og Per Henrik Pedersen

1. Lars Gorzelak bød velkommen til Vestfrost. Lars fortalte lidt om firmaets 50 års historie og 50 års jubilæum, som blev afholdt fornyeligt. I 1990'erne var man oppe på at producere 800.000 kølemøbler om året, især husholdningsprodukter. I 2000'erne fik man det svært, og i 2008 stoppede Vestfrost med at producere husholdningskølemøbler, og satser i stedet på merchandizing, biomedical og vinkølere. Vestfrost har i de sidste årtier satset meget på energieffektivitet og miljø, herunder naturlige kølemidler.
2. PHP gennemgik dagsordenen og startede med at fortælle lidt om baggrunden for projektet og den økonomiske støtte fra EUDP. Herefter nævntes, hovedlinjerne fra de tre første workshops, og forventningerne til dette fjerde og sidste workshop. Præsentationerne fra workshopperne er lagt på denne webside:
<http://www.teknologisk.dk/feha>
Præsentationerne fra den 4. workshop vil også blive lagt her.
3. Rundvisning på fabrikken: Lars og Bent viste rundt på ”den nye fabrik”, hvor man producerer kumme-kølemøbler og special-kølemøbler af forskellig slags. Den ”gamle fabrik” ligger nogle hundrede meter væk, og der produceres skabe, herunder flaskekølere og vinkølere. Der var ingen produktion af vinkølere denne dag.
4. Status i udviklingssporene:
Vestfrost: Bent præsenterede de foreløbige resultater af arbejdet med at energioptimere vinkølere: Der er opnået meget store besparelser i projektet. Der er afprøvet mange ting, - og med tre-lags-glas, én ventilator, strømforsyning udenfor skabet samt ikke mindst brug af SECOP XV5K-kompressor er opnået besparelse på 58 %, og skabet kommer i energiklasse A++ ! Dette gælder for én-zone-temperaturer. Det er det absolut teknisk mulige for det givne kabinet og komponenter.
Vestfrost vil helst undgå tre-lags-glas, som er ca. 10 kg tungere end to lags-glas, og ved test af prototype med to lags-glas og de andre forbedringer (inklusive XV-kompressoren) vil produktet komme i A+. Mere detaljerede beskrivelser af testene og forbedringer kan ses i Bents præsentation.

Gram: John og Anders viste resultater fra Grams udviklingsspor: Det er ti år siden, at den nuværende generation af Grams storkøkkenkøleskabe og fryseskabe kom på markedet. De har igennem årene været de mest energieffektive på markedet, og har toppet Elsparefondens (og senere Go'Energi's) lister for energieffektive storkøkkenkøleskabe. Men nu begynder konkurrenter at bide Gram i haserne.

Gram har valgt produkterne F600 og K600 som emner i projektet. I projektet har vi fundet ud af, at isoleringen kan forbedres både indadtil og udadtil uden at det går ud over nettovolumen og uden at skabet bliver for bred. Isoleringstykkelsen er derfor forøget fra 60 til 80 mm, og det har medført besparelser på ca. 12 % for køleskabet og ca. 9 % for fryseren. Det svarede ret præcist til de beregninger, som Marcin havde lavet forud for testen.

Derefter fik Gram prototyper af to nye kompressorer fra SECOP: NLU11KK (R600a) til køleskabet og NLU11CNK (R290) til fryseskabet. Disse blev monteret sammen med resten af køleanlægget og nu opnåedes (inklusive forøget isoleringstykkelse) hhv. 29 % og 27 % besparelse for køleskab og fryseskab. Herved vil køleskabet komme i A++ efter forslag til ny EU-energimærkningsordning for professionelle køleskabe (forslag fra juli 2012), hvilket er yderst fint!

Gram kommer til efteråret med et nyt design for de nye produkter. Grams præsentation vil være tilgængelig på hjemmesiden.

SECOP: Lars O. præsenterede planerne for SECOP (tidl. Danfoss Compressors) : SECOP er førende med energieffektive kompressorer til husholdningskøleskabe og til ”light commercial” køleskabe og fryserne. På husholdningssiden er energieffektivitet, støj og størrelse ”market drivers”. Variable speed drive (VSD) vil få en større del af markedet (15 – 25 % i 2025) og kølemidlet vil være R600a (isobutan). SECOP er på vej med nye NLU-kompressorer, som er mere energieffektive end tilsvarende kompressorer med samme kølekapacitet, og disse benyttes i Gram-prototyperne og i den senere field-test af Gram-skabe.

Herefter fortalte Lars om den nye XV-kompressor, som er et helt nyt koncept. Denne kompressor er meget mindre og har mindre vægt end andre kompressorer. XV er endvidere mere effektiv end andre kompressorer. Test på Teknologisk Institut viser, at alene skift fra en normal høj-effektiv kompressor til XV-kompressoren medførte reduktion af energiforbruget med 36,3 % (det var på Vestfrosts vinkøler). XV kompressoren er af VSD-typen og kan køre fra 1000 – 4000 RPM. XV-kompressoren vil være tilgængelig i andet halvår af 2013, og prisen vil være ”mindre end 100 Euro”. Lars’ præsentation vil kunne ses på hjemmesiden.

Danfoss: Hans anbefalede at forsøge at benytte termostatisk ekspansionsventiler i stedet for kapillarrør som drøvlorgan i kølesystemet. Forsøg med en flaskekøler har medført 9,5 % mindre energiforbrug.

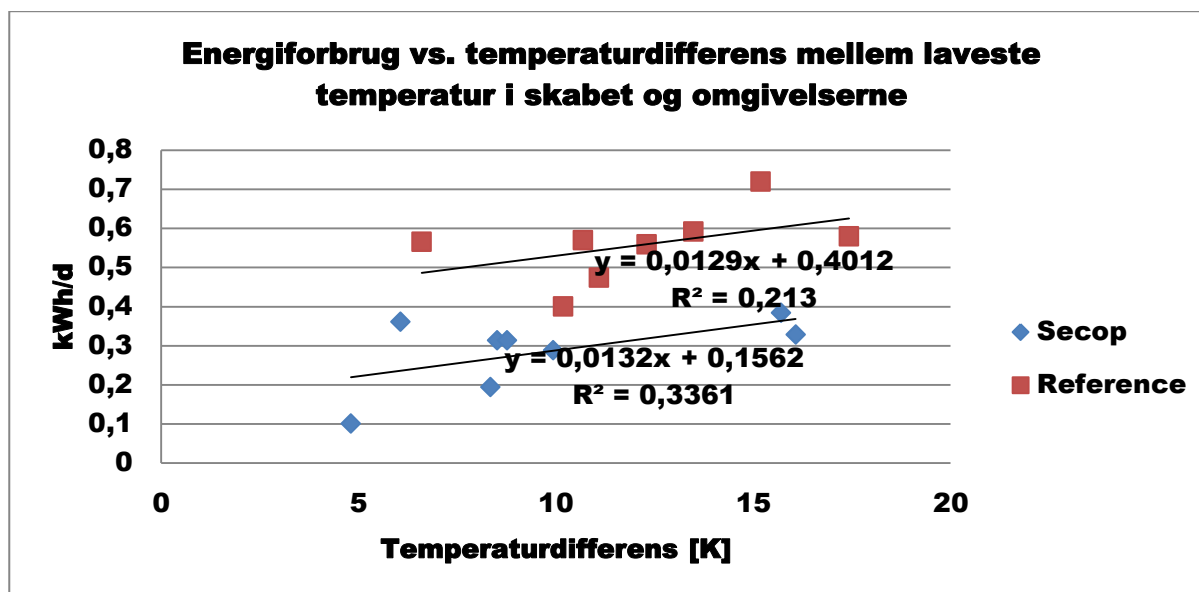
5. Field-test

Der er opsat et antal vinkølere til field-test i restauranter, vinhandlere og hos private i Esbjergområdet. Der er opsat 8 stk forbedrede vinkølere (med SECOP XV-kompressor, én ventilator, strømforsyning til ventilator og styringen udenfor kabinettet) og 8 stk. standardvinkølere.

PHP viste de første resultater fra field-testen, og de ser fine ud. Man kan se en signifikant energibesparelse med de forbedrede vinkølere. Brugerne indstiller skabene meget forskelligt med hensyn til temperaturer og med hensyn til om lyset er tændt eller ej. Vi har brug for flere resultater fra field-testen for at kunne foretage en mere præcis analyse.

Se de første resultater i PHPs præsentation.

Efterfølgende har Frederik Bramsen, TI lavet følgende analyse af de første testresultater, hvor Energiforbruget afbildes mod temperaturdifferensen mellem skabstemperatur og omgivelsestemperatur:



Her ses også den signifikante forskel mellem standard-skabene ("reference") og de optimerede skabe med bl.a. SECOP-kompressoren.

Gram er i gang med at producere skabene til field-test, og disse vil blive opsat i Storkøbenhavn i samarbejde med en af storkøkken-grossisterne. TI har fremstillet målekasser til det, og det forventes at skabene vil blive sat op fra U16 til U22.

Afslutning af projektet: Ifølge kontrakten skal projektet være afsluttet den 31.8. men det vil give mening, at køre field-testen hen over sommeren (inklusive "indian summer", hvor der er stor fugtighed i luften), hvorefter resultaterne skal analyseres og hele projektet skal afrapporteres. Derfor vil vi anmode om, at projektet forlænges indtil nytår. Povl Frich var enig i dette.

6. De kommercielle perspektiver efter projektafslutning

Povl Frich: Bestyrelsen for EUDP vil meget gerne have at der kommer kommercielle resultater ud af projekterne efter projektets afslutning. Det er vigtigt, at der kommer synlige resultater ud af projekterne! Povl vil gerne høre Vestfrost og Gram hvilke planer man har for kommercialisering af resultaterne af projektet.

Vestfrost: Lasse Bech: Vestfrost producerer i høj grad vinkølere til OEM-kunder som Bosch, Siemens, Smeg, Gaggenau m.fl. Energieffektivitet har stigende betydning, og Lasse regner med, at der vil komme efterspørgsel efter A+ og måske også A++ længere ud i fremtiden. Energi og miljø er kerneværdier for Vestfrost, og Lasse regner med, at Vestfrost kan sælge de udviklede vinkølere om cirka et år.

Gram: Gram vil præsentere de foreløbige resultater af projektet på en stor messe i Milano til efteråret. Her vil det nye design også blive præsenteret. Projektets resultater vil herefter blive kommercialiseret, og der vil komme spin-off på andre produkter fra Gram.

SECOP: Er langsomt ved at kommercialisere de nye kompressorer.

Povl Frich: Kan vi lave en fælles fortælling om projektets resultater ifm. afrapporteringen til efteråret?

PHP lovede at have det med i tankerne i forbindelse med afrapporteringen. Der er jo virkelig nogle gode resultater at fortælle om!

7. Status i EU-processen (Ecodesign, F-gas-forordning).

PHP fortalte om EU-processen:

F-gas-forordning. Der ligger udkast til ny F-gas-forordning, som i løbet af nogle år vil forbyde brug af F-gasser med GWP>150. Det er godt for danske producenter, som er forrest med brug af naturlige kølemidler.

Ecodesign, Entr Lot 1: Professionelle køleprodukter (inklusive storkøkkenkøleskabe): Der kommer snarest endelig forslag til energimærkning og til forbud mod de dårligste produkter. Det forventes, at være på linje med udkast fra et møde i juli 2013, men vi ved det strengt taget ikke. Det bliver spændende at se.

Eccodesin, Lot12: Kommercielle køleprodukter (inklusive flaskekølere, iscremefrysere, supermarkedskøle- og frysegondoler og kølereoler og sodavandsautomater). Arbejdet har ligget stille i årevis, men er nu blevet genstartet af Kommissionen. Der er et stakeholder-møde i Sevilla den 23. april, og her deltager PHP på vegne af Energistyrelsen. Det er vigtigt for de danske producenter, at der kommer noget ud af det denne gang, og der stilles krav til energieffektivitet og at der kommer en obligatorisk energimærkningsordning. Dette var alle enige om på workshopen. *PHP har efterfølgende skrevet et referat fra mødet, og Bjarke Hansen, Energistyrelsen har givet tilladelse til, at den må sendes til deltagerne i denne workshop.*

8. Eventuelt: Intet