

# NOTAT

Projekt navn **ISAFJORD**  
Projekt nr. **1100034529**  
Kunde **Andelsboligforeningen ISAFJORD**  
Notat nr. **01**  
Version **1C (23-02-2019)**  
Til **Julie B. Appelqvist**  
Fra **Henrik Steffensen**  
Kopi til

Udarbejdet af **Henrik Steffensen**  
Kontrolleret af **Nathalie Kristiansen**  
Godkendt af

## KONSEKVENSNEDVÆRNING VED ETABLERING AF GULVARME, SAMT ANBEFALING TIL REINVESTERING I FJERNVARMETILSLUTNINGSANLÆG

Dato 23-02-2019

### 1. Formål

Formålet med nærværende notat er at bibringe en grundlæggende viden til forståelse af, hvordan et varmeanlæg fungerer og derigennem sikre at individuelle tiltag, med etablering af eksempelvis gulvvarme, ikke påvirker driften negativt hos andre lejlighedsindehavere, som ikke ændre deres varmeanlæg.

Endvidere er formålet med notatet at anbefale optimeringsmuligheder ved de 5 fjernvarmetilslutningsanlæg, som forsyner Isafjord med varme fra HOFOR.

Rambøll  
Hannemanns Allé 53  
DK-2300 København S

T +45 5161 1000  
F +45 5161 1001  
[www.ramboll.com/energy](http://www.ramboll.com/energy)

### 2. Baggrund

En del af foreningen Isafjords medlemmer, har fremsat ønsker om at kunne etablere gulvvarme i dele af deres lejlighed.

Bestyrelsen har drøftet emnet, og har besluttet at indhente teknisk bistand til at klarlægge konsekvenserne, hvis der generelt gives tilladelse til, at beboere kan ændre på varmeanlæg i lejligheder.

Ejendommens 5 fjernvarmetilslutningsanlæg nærmer sig grænsen for teknisk økonomisk levetid. Derfor har bestyrelsen yderligere bedt om en teknisk vurdering af vedligeholdelsesstand samt bud på optimeringsmuligheder.

Notatet er derfor opdelt i 2 afsnit.

Afsnit 3: Generel beskrivelse af varmeanlæg. Afsnit 3.5 er anlægsspecifikt Isafjord.

Afsnit 4: Anbefalinger til vedligehold, optimering og reinvesteringsmuligheder i fjernvarmetilslutningsanlæg.

### 3. Generel beskrivelse af varmeanlæg

I mange ældre Københavnske ejendomme, som i sidste århundrede fik indlagt centralvarme, skete dette ved at udskifte kakkel-, petroleumsovne eller gasradiatorer med støbejernsradiatorer.

Den tidligste anlægsform var som 1-strengsanlæg (et rør op, hen over loft og et eller flere rør ned, hvorpå radiatorer tilkobles) og meget ofte med naturlig cirkulation (uden cirkulationspumpe).

Typisk har man ført stigstregne op langs med skorsten til at forsyne rum mod gaden og rum mod gården. Radiatorer blev typisk placeret på kakkellovnens plads. Køkken og toilet/bad blev ikke betragtet som nødvendige at opvarme.

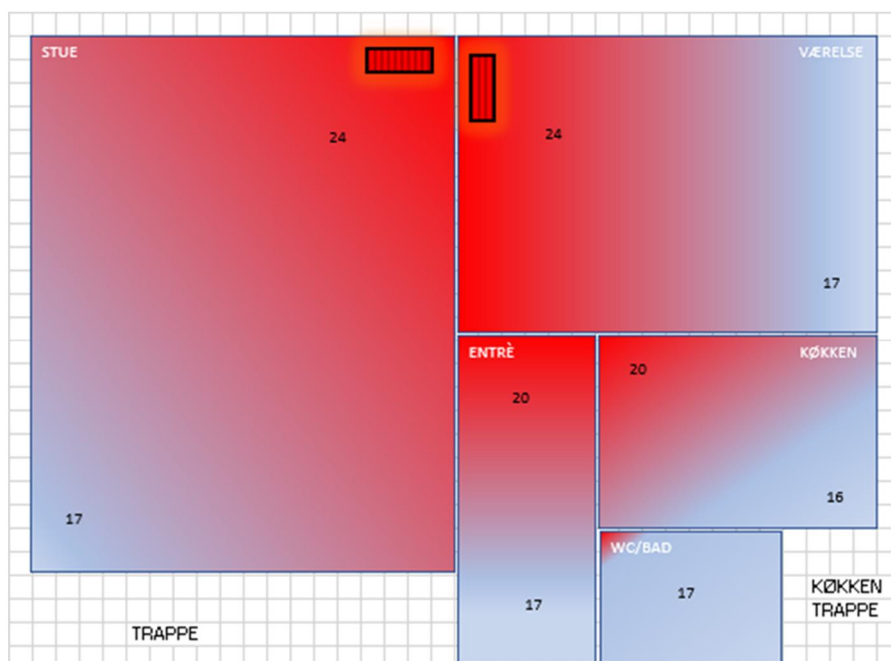
Teknologien og økonomien dengang var ikke ansporet til effektivitet og komfortable løsninger i samme grad som i dag.

Senere blev det almindeligt med 2-strengsanlæg (et rør til fremløb og et rør til returvand, hvorpå radiatorer tilkobles), og cirkulationspumpen blev nødvendig, da man samtidig kunne minimere rørdimensioner.

#### 3.1. STRÅLINGSVARME:

En støbejerns radiator har en stor masse (dels i jern, men også stort indhold af vand) og samtidig en "lille" overflade (også kaldet hedeplade). Dette sammen med støbejernsradiatorens og de første søjleradiatorers udformning betyder, at denne type radiator virker bedst til "Strålingsvarme". Typisk for strålingsvarme er, at det kræver høj temperatur.

Ved rumopvarmning baseret på strålingsvarme, vil man typisk opleve, at det er svært at opvarme hele lejligheden og få en rimelig komfort. Det kan forekomme meget varmt i rummet med radiatoren og meget koldt i rum uden radiator, selvom døre står åbne mellem rummene.



Figur 1: Skitse over varmefordeling i en typisk Københavnerlejlighed med 2 støbejernsradiatorer (søjleradiatorer).

“Strålingsvarme” sætter ikke luften i bevægelse. En strålingsvarmeradiator kan bringes til at udnytte varmen og fordele varmen i rummene bedre, hvis man anskaffer en ventilator.

Ventilatoren placeres på gulvet foran radiatoren, så den blæser luften ind og op over radiatoren. Den kolde luft ved gulvet “suges” til radiatoren, bliver opvarmet og der kommer til at opstå en omrøring af luft i rummet som i nogen grad også virker på andre rum, såfremt dørene står åbne.



**Figur 2: Klassisk støbejernradiator fra begyndelsen af sidste århundrede og moderne ventilator.**

Fremløbstemperaturen fra varmecentralen skal typisk være høj ved strålingsvarme (gl. støbejerns radiatorer). Da varmeblæseren er “lille” må returtemperaturen fra radiatoren holdes høj, hvis man skal udnytte strålingsfladen tilstrækkelig effektivt. Dette resulterer i et stort flow (vandmængde) gennem radiatoren.

Med strålingsvarme, kan blive så varmt omkring en radiator, at en termostatventil uden fjernføler vil lukke for vandtilførsel før den ønskede rumtemperatur er opnået. Resultatet er begrænset komfort, ofte kolde tilstødende rum, og høj returtemperatur.

### **3.2. KONVEKTIONSVARME**

Moderne radiatorer virker i større grad efter princippet “konvektionsvarme”. Det betyder, at den største del af varmeafgivelsen finder sted ved konvektion mellem radiatorens overflade og luften. Konvektionsradiatorer har en lille masse men en stor overflade.

Konvektionsradiatorer er specielt designet mht. varmeafgivelse med lameller til at give en god kontakt mellem den varme radiator og luften. Lamellerne øger hedeblæserens og radiator-effekten øges derved betragteligt.

Når luften opvarmes, stiger den til vejrs og ny luft tilføres til opvarmning nede langs gulvet. Der foregår således en form for næsten umærkelig naturlig omrøring af luften i lokalet.



**Figur 3: Typisk panelradiator med indbyggede konvektionsplader**

Konvektionsvarmeradiatorer virker bedst og optimalt når de placeres under vinduer. Det er faktisk gældende for alle radiator typer.

Den naturlige konvektion over radiatoren erstatter det luftskifte som eksemplet med ventilatoren gjorde på strålingsradiatoren som vist ovenfor. Nu blot helt uden tilføring af el.

### **3.3. GULVVARME**

Med indførelse af gulvvarme, som sidste bud på optimal komfortvarme, siger det sig selv, at hedefladen nu gøres betydeligt større end radiatorer i al almindelighed.

Grundet varmepladens placering i gulvet kan temperaturen ikke holdes så høj som på en radiator. For høj temperatur vil være forbundet med væsentlige komfortgener.

Da gulvvarmen foregår i gulvet og under hele gulvets flade, er der nu tale om en "stor radiator".

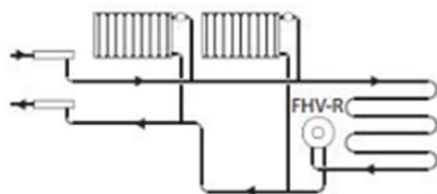
Gulvvarme (hedefladen) er foruden placeret, hvor luften er koldest. Da kold luft (er tung) søger ned og varmluft (er let) stiger til vejrs, får man nu tæt på den mest optimale varmeplade man kan tænke sig.

Generelt skal temperaturen til gulvvarmeslanger holdes under 35°C-40°C, så man ikke føler ubehag ved at gå på gulvet eller får for høj rumtemperatur.

For at dimensionere gulvvarmesystemet korrekt skal man være opmærksom på størrelse (areal) og, hvilke krav bygningsreglementet stiller samt, hvad leverandøren af gulvvarmekomponenter foreskriver.

#### **Simpelt anlæg uden pumpe:**

Et enkelt rum (eksempelvis et badeværelse på 8 m<sup>2</sup>) kan styres med en returventil som først tillader vandet at passere ventilen, når vandet er nedkølet til en given temperatur, som passer til den ønskede rumtemperatur. Danfoss har en ventilløsning til dette formål.



Gulvtemperaturregulering i et blandet anlæg med radiatorer og gulvvarmeslanger, med FHV-R i returløb.

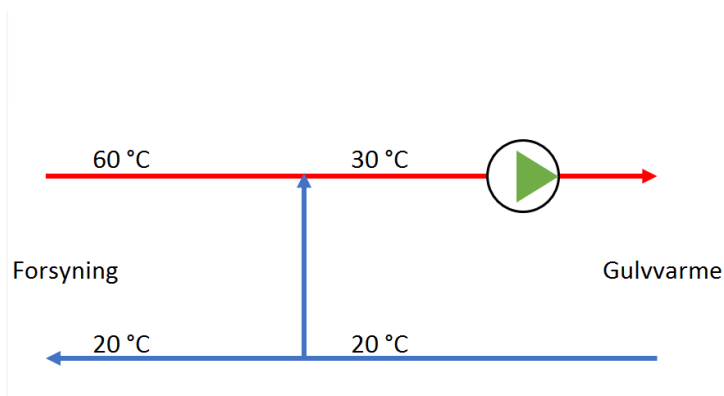
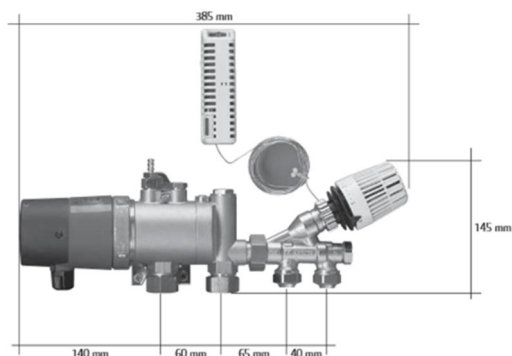
**Figur 4: Gulvvarme uden pumpe og med returtermostat**

Denne løsning vil, såfremt det er udført korrekt, skulle have et meget lille vandflow.

Ulempen ved denne løsning er, at det godt kan blive ret varmt på gulvet og specielt lige der, hvor vandet ledes ind i gulvvarmekredsen fra stigstrengen fordi fremløbstemperaturen er høj af hensyn til radiatorer.

**Mere avanceret anlæg med pumpe og blandesløjfe:**

Gulvvarme kan også være udstyret med en pumpe og en eller flere blandekredse. Dette gælder specielt, når der er tale om større og flere rum. Blandekredsene etableres for at få en ensartet overfladetemperatur. Gulvvarme som disse fungerer bedst, hvis det er i kombination med rumtermostater.



**Figur 5: Gulvvarmeblandesløjfe med pumpe, termostatventil og rumføler.**

Vandflowet som cirkulerer i et gulvarmeanlæg med egen pumpe og blandesløjfe vil være stort pga. den mindre afkøling (Fremløbstemperatur på 30°C til 40°C) og (Returtemperatur på 20°C til 30°C). Ved denne type anlæg sikres, såfremt det er udført korrekt, en jævn varme (temperatur) over hele gulvfladen.

Vandflowet (liter pr. time) i gulvvarmekredsen er større end vandflowet før temperaturblandepunktet. Hvis f.eks. fremløbstemperaturen før blandepunktet er 60°C, fremløbstemperaturen efter blandepunktet er 30°C og returtemperaturen 20°C, bliver flowet i gulvvarmeslangerne 4 gange større end flowet før blandepunktet. Dette klarer pumpen i blandekredsen.

**Måling af varmeforbrug.**

Som en direkte følge af EU's energieffektivitetsdirektivs bestemmelser artikel 9, om måling af energiforbrug, skulle der i bestående byggeri inden den 31. december 2016 være installeret varmvandsmålere i den enkelte bolig- eller erhvervsenhed, hvor det er teknisk gennemførligt og omkostningseffektivt.

Energistyrelsen udsendte i den forbindelse en ny bekendtgørelse, som erstatter den tidligere målerbekendtgørelse fra 1996. Den ny bekendtgørelse hedder nu bekendtgørelse 563 af 2. juni 2014.

Bekendtgørelsen om individuel måling af varmeforbrug trådte således i kraft pr. 1 januar 2016.

En af de væsentligste ændringer i bekendtgørelsen er, at varmefordelingsmålere, så vidt muligt, skal erstattes af varmeenergimålere, når de eksisterende målere skal udskiftes.

Bestemmelsen i § 7 siger specielt om varme, at der skal installeres varmeenergimålere i eksisterende bebyggelser. Hvis der allerede er installeret varmefordelingsmålere, siger § 7, stk. 3 dog, at udskiftning af varmefordelingsmålere med varmeenergimålere skal ske, hvis "det er teknisk gennemførligt og omkostningseffektivt", og udskiftningen sker i forbindelse med at de eksisterende målere alligevel skal udskiftes.

Specielt om gulvvarme nævnes det:

*"Gulvvarme kan ikke måles med samme teknologi som en radiatormåler og skal derfor altid måles med en varmeenergimåler.*

*Hvis der er etableret gulvvarme i badeværelset i forbindelse med en renovering, kan varmeforbruget ikke afregnes via en fordelingsnøgle.*

*I bebyggelser med både gulvvarme og radiatorer anbefales det, at alt varmeforbrug måles med en varmeenergimåler.*

*Hvis gulvvarmen er etableret senere, kan der fortsat anvendes varmefordelingsmålere på radiatorerne, såfremt der kan opnås en rimelig nøjagtighed, selvom de to måleformer blandes." citat slut.*

Som det ses, er man godt klar over, at der kan være et problem med nøjagtighed når gulvvarme etableres senere end radiatoranlæg. Det er dog rimelig klart formuleret, at gulvvarme altid skal måles med en varmeenergimåler.

Min anbefaling vil være, at Isafjord tager kontakt til det firma, som forestår udarbejdelse af foreningens varmeregnskab. De fleste firmaer som forestår varmefordelingsregnskab, har energimålere som anvendes ved gulvvarme.

Firmaet vil kunne anbefale de bedst egnede energimålere til denne anvendelse og ligeledes få det indarbejdet i varmefordelingsregnskabet.

Regneeksempler og tabeller i afsnit 3.4. afslører i øvrigt, at det vil være muligt at forsyne en almindelig størrelse lejlighed ( $\leq 100 \text{ m}^2$ ) fra et enkelt stik i dimension DN 15. Der skal dog trækkes nye varmerør herfra frem til radiatorer samt gulvvarme i lejligheden. Når det er gjort, vil der kun være behov for én varmeenergimåler i lejligheden, og samtlige fordelingsmålere bliver derved overflødige.

### 3.4. REGNEEKSEMPEL

#### 3.4.1. Effektbehov:

Et givet opholdsrum på 16 m<sup>2</sup> (4m x 4m) skal holdes opvarmet til 20°C ved at varmekilden modsvarer varmetransmissionstabet gennem ydervægge, vinduer og døre samt naturligt luftskifte ved den designmæssige udetemperatur. I Danmark er den designmæssige udetemperatur -12°C.

De omkringliggende rum/lejligheder antages også opvarmet til samme temperatur. Er dette ikke tilfældet, vil der ske en varmetransport gennem gulv, loft og indervægge til disse rum/lejligheder, da indvendige konstruktioner normalt ikke er termisk isolerede og effektbehovet kan derved blive større.

Vi betragter de 16 m<sup>2</sup> beliggende i 3 forskellige kategorier bebyggelser med nøgleværdier for specifikt behov udtrykt i Watt pr. m<sup>2</sup> pr. °C.

- 1) 1,0 W/m<sup>2</sup>\*K (typisk for byggeri udført fra 0'erne og frem)
- 2) 1,5 W/m<sup>2</sup>\*K (typisk for byggeri fra sidste halvdel af forrige århundrede)
- 3) 2,0 W/m<sup>2</sup>\*K (typisk for byggeri fra perioden op til midten af forrige århundrede)

Der er naturligvis variationer alt efter hvilke energiforbedrende tiltag, der er gennemført på ejendommen op gennem årene.

K = temperaturdifferensen mellem ønsket indetemperatur og design udetemperatur, her (20°C - -12°) = 32°C.

Det specifikke varmebehov pr. m<sup>2</sup> i de tre kategorier, kan således sættes til:

- 1) 1,0 W/m<sup>2</sup> x 32°C = 32 W/m<sup>2</sup>
- 2) 1,5 W/m<sup>2</sup> x 32°C = 48 W/m<sup>2</sup>
- 3) 2,0 W/m<sup>2</sup> x 32°C = 64 W/m<sup>2</sup>

Et lokale på 16 m<sup>2</sup>, i de 3 kategorier, har således et transmissionsvarmetab på:

- 1) 32 W/m<sup>2</sup> x 16 m<sup>2</sup> = 512 W
- 2) 48 W/m<sup>2</sup> x 16 m<sup>2</sup> = 768 W
- 3) 64 W/m<sup>2</sup> x 16 m<sup>2</sup> = 1.024 W

#### 3.4.2. Temperatursæt:

Temperatursæt typisk for de tre opvarmningsformer:

- 1) Strålingsvarme kører typisk med temperatursæt på 90°C/70°C eller 80°C/60°C. Afkøling ( $\Delta T$ ) = 20°C
- 2) Konvektionsvarme kører typisk med temperatursæt på 70°C/40°C. Afkøling ( $\Delta T$ ) = 30°C
- 3) Gulvvarme kører typisk med temperatursæt på 60°C/20°C. Afkøling ( $\Delta T$ ) = 40°C (her er der tale om primærsiden af blandesløjfen til gulvvarmekredsen. Sekundærsiden, eller det som løber i gulvvarmeslangerne, er typisk med temperatursæt 35°C/25°C. Afkøling ( $\Delta T$ ) = 10°C.

I alle 3 anlægsformer skal radiatorfremløbstemperaturen altid holdes lavest muligt, for at radiatortermostater kan arbejde bedst muligt, og for at mindske varmetab fra de rør som løber i bygningsdele, der ikke ønskes opvarmet. Dette gælder i princippet også for varmerør der passerer gennem lejligheder.

### 3.4.3. Cirkulerende vandmængder:

Ved at se på, hvorledes afkølingen ligger for de tre opvarmningsformer, kan vi udregne, hvilke cirkulerende vandmængder et varmeanlæg kræver.

- 1) Strålingsvarme, afkøling ( $\Delta T$ ) = 20°C
- 2) Konvektionsvarme, afkøling ( $\Delta T$ ) = 30°C
- 3) Gulvvarme, afkøling ( $\Delta T$ ) = 40°C

Da 1 Watt = 1 Joule pr. sekund og vands varmekapacitet er 4,185 kJ pr. kg pr. °C samt vands massefylde er 983 kg pr. m<sup>3</sup> ved 60°C, kan formlen for flow (cirkulerende vandmængde) udtrykkes ved:

$$\frac{m^3}{h} = \frac{kW}{0,86 \cdot (T_{frem} - T_{retur})} \text{ eller i lidt mindre enheder: } \frac{l}{h} = \frac{W}{0,86 \cdot (T_{frem} - T_{retur})}$$

Ønskes en effekt på 1.000 Watt til et rum:

Får vi, at en strålingsradiator ved 80°C /60°C i et rum på 16 m<sup>2</sup>, skal have en vandflow på  $\frac{l}{h} = \frac{1.000 W}{0,86 \cdot (80 - 60)} = 58,1$  l/h.

En konvektionsradiator ved, 70°C /40°C i et rum på 16 m<sup>2</sup>, skal have en vandmængden  $\frac{l}{h} = \frac{1.000 W}{0,86 \cdot (70 - 40)} = 38,7$  l/h.

Til gulvvarmeanlægget med en effekt på 1.000 Watt, ved 60°C/20°C (primærsiden af et blandepunkt) i et rum på 16 m<sup>2</sup>, skal vandmængden således ned på  $\frac{l}{h} = \frac{1.000 W}{0,86 \cdot (60 - 20)} = 29,0$  l/h.

### 3.4.4. Distributionsanlæg og fjernvarmetilslutningsanlæg:

Vandmængden skal cirkuleres mellem varmecentral og lejligheder. En pumpe sikre dette via stigstreng og stik til lejligheder. Stigstreng og stik i ældre ejendomme er typisk udlagt for mindre afkøling, i forhold til hvad der kan opnås med moderne radiatorer, hvilket betyder, at ledningsdimensioner ofte er rigeligt store.

Mindre vandstrømning gennem rør med samme dimension giver mindre trykfald og dermed mindre pumpebehov. Mindre vandstrømning giver også mindre hastighed i samme dimension og risikoen for støj mindskes.

Forbedret afkøling, øger veksleranlæggets kapacitet [kW].

I følgende skemaer (tabeller), er vist forhold omkring støj, trykfald og hastighed for rørdimensioner DN10 til DN65. DN er den nominelle rørdiameter som er standardbetegnelse for rørdiameter. F.eks. dækker DN10 over rør med indvendig diameter på omkring 10 mm.



Støj udtrykt i maks. hastighed			$\Delta T=10^{\circ}\text{C}$	$\Delta T=20^{\circ}\text{C}$	$\Delta T=30^{\circ}\text{C}$	$\Delta T=40^{\circ}\text{C}$
Rør dim.	V maks.	Flow	Energi	Energi	Energi	Energi
DN	m/s	l/h	kW	kW	kW	kW
10	0,80	359	3,1	6,2	9,3	12,4
15	0,89	702	6,0	12,1	18,1	24,1
20	0,97	1360	11,7	23,4	35,1	46,8
25	1,02	2347	20,2	40,4	60,6	80,7
32	1,09	4257	36,6	73,2	109,8	146,5
40	1,17	6119	52,6	105,3	157,9	210,5
50	1,25	10524	90,5	181,0	271,5	362,0
65	1,35	18893	162,5	325,0	487,5	649,9

**Tabel 1: Anbefalede maksimale vandhastighed, -flow og energitransport ved 4 forskellige afkølinger.**

Maks hastighed 0,5 m/s				$\Delta T=10^{\circ}\text{C}$	$\Delta T=20^{\circ}\text{C}$	$\Delta T=30^{\circ}\text{C}$	$\Delta T=40^{\circ}\text{C}$
Rør dim	Flow	Tryktab	Tryktab	Energi	Energi	Energi	Energi
DN	l/h	mmVs/m	mVs/m	kW	kW	kW	kW
10	224	40,87	0,04	1,9	3,9	5,8	7,7
15	394	28,14	0,03	3,4	6,8	10,2	13,6
20	703	19,26	0,02	6,0	12,1	18,1	24,2
25	1148	14,01	0,01	9,9	19,8	29,6	39,5
32	1956	9,94	0,01	16,8	33,6	50,5	67,3
40	2626	8,23	0,01	22,6	45,2	67,8	90,3
50	4199	6,11	0,01	36,1	72,2	108,3	144,4
65	6987	4,43	0,00	60,1	120,2	180,3	240,3

**Tabel 2: Data ved vandhastighed på 0,5 m/s ved 4 forskellige afkølinger.**

Maks trykfald 25 mm/m.			$\Delta T=10^{\circ}\text{C}$	$\Delta T=20^{\circ}\text{C}$	$\Delta T=30^{\circ}\text{C}$	$\Delta T=40^{\circ}\text{C}$
Rør Dim.	Flow	Hastighed	Energi	Energi	Energi	Energi
DN	l/h	m/s	kW	kW	kW	kW
10	173	0,39	1,5	3,0	4,5	6,0
15	371	0,47	3,2	6,4	9,6	12,7
20	806	0,57	6,9	13,9	20,8	27,7
25	1552	0,68	13,4	26,7	40,1	53,4
32	3158	0,81	27,2	54,3	81,5	108,6
40	4670	0,89	40,2	80,3	120,5	160,7
50	8703	1,04	74,8	149,7	224,5	299,4
65	17070	1,22	146,8	293,6	440,4	587,2

**Tabel 3: Data ved tryktab i rør på 25 mmVs pr. meter ved 4 forskellige afkølinger.**

### 3.5. KONKRET FOR ISAFJORD

#### 3.5.1. Effektbehov:

Umiddelbart vil vi mene, at det specifikke effektbehov for ejendommen ligger på mellem 48 W/m<sup>2</sup> og 64 W/m<sup>2</sup> til rumopvarmning.

Et rum på 16 m<sup>2</sup> antages således at skulle bruge en radiatoreffekt på mellem 770 W og 1.050 W.

Er lejligheden på 75- 80 m<sup>2</sup>, og ønskes den opvarmet til 20°C ved udetemperaturen -12°C, skal der bruges 4.800 W - 5.100 W - vi runder af til 5.000 W. (5 kW).

#### 3.5.2. Temperatursæt:

Som nævnt før, ligger temperatursæt for de tre opvarmningsformer typisk på:

- 1) Strålingsvarme, 90°C/70°C eller 80°C/60°C
- 2) Konvektionsvarme, 70°C/40°C
- 3) Gulvvarme 60°C/20°C

Påbegynder man en individuel renovering af individuelle varmeanlæg, vil det være nødvendigt at køre efter den nuværende fremløbstemperatur (varmekurve) fra varmecentralen, indtil den sidste individuelle varmeanlæg (lejlighed) er blevet ændret, eller vil man komme til at fryse i disse sidste lejligheder.

Radiatorfremløbstemperaturen bør være lavest mulig, dog altid med hensyn til ovenstående.

Når alle lejligheder har fået nye konvektionsradiatorer eller gulvvarme kan fremløbstemperaturen sænkes. Dette gøres typisk ved at sænke varmekurven på vejrkompenseringsautomatik ved veksleranlægget i kælderen.

#### 3.5.3. Cirkulerende vandmængder:

- 1) Strålingsvarme, afkøling ( $\Delta T$ ) = 20°C
- 2) Konvektionsvarme, afkøling ( $\Delta T$ ) = 30°C
- 3) Gulvvarme, afkøling ( $\Delta T$ ) = 40°C

En individuel renovering af varmeanlæg betyder altså, at afkøling gradvist bliver større, og den cirkulerende vandmængde bliver reduceret (strømbesparelse ved pumpedrift). Tilsammen resulterer dette i, at det samlede anlæg opnår en større kapacitet. En sidegevinst er yderligere at der bliver mindre varmetab fra specielt retursystemet.

Til lejligheden på de 75-80 m<sup>2</sup> antog vi, at der uanset opvarmningsform skulle bruges ca. 5 kW:

Den cirkulerende vandmængde udtrykkes som før vist ved:

$$\frac{m^3}{h} = \frac{kW}{0,86 \cdot (T_{frem} - T_{retur})} \text{ eller i lidt mindre enheder: } \frac{l}{h} = \frac{W}{0,86 \cdot (T_{frem} - T_{retur})}$$

$$1) \text{ Strålingsvarme: } \frac{l}{h} = \frac{5000 W}{0,86 \cdot (20)} = 290,5 l/h$$

2) Konvektionsvarme:  $\frac{l}{h} = \frac{5000 \text{ W}}{0,86 \cdot (30)} = 193,7 \text{ l/h}$

3) Gulvvarme:  $\frac{l}{h} = \frac{5000 \text{ W}}{0,86 \cdot (40)} = 145,2 \text{ l/h}$

Man ser, at jo bedre afkølingen er, jo mindre vandmængde skal der til for at dække de 5 kW. Der er proportionalitet i dette forhold.

NB: er afkølingen i gulvvarmeslangerne efter blandepunktet på 10°C giver det en cirkuleret vandmængde i gulvvarmeslangerne på  $\frac{l}{h} = \frac{5000 \text{ W}}{0,86 \cdot (10)} = 581 \text{ l/h}$ . 4 gange større end vandmængden som skal tilføres.

### 3.5.4. Distributionsanlæg og fjernvarmetilslutningsanlæg:

Isafjord har 2-strengs varmeanlæg med pumpe og veksleranlæg i kælder. Anlægsdimensioner er fornuftige. Som jeg lige husker det fra jeres møderum, er der tale om DN 20 fra samtlige stigrør til radiatorer. Pumper i varmecentralerne er nyere og har automatisk regulering, så det er meget fint.

Det ses i tabel 1, at der i Isafjords eksempel, er et godt stykke op til det anbefalede maksimum for vandhastighed på et DN20 stik.

Det ses i tabel 2, hvor maks. hastighed i meter pr. sekund er sat til 0,5 m/s, at et stik til en lejlighed er fornuftig i en dimension DN15 og rigelig stor i en DN20.

Det ses i tabel 3, hvor maks. trykfald i mm vandsøjle pr. meter er sat til 25 mmVs, at et stik til en lejlighed er rigelig i en dimension DN15 såfremt afkølingen er på 20°C. Det er altså ikke noget problem at forsyne hverken gulvvarme eller op til 5 stk. 1.000 Watt konvektionsradiatorer i hver lejlighed på ét DN20 stik.

Hvis vi afslutningsvist vil se, hvad konvektionsvarme og gulvvarme i en lejlighed kan afsætte af effekt ved samme vandmængde som vi antog den eksisterende støbejerns radiatorer skulle bruge jf. 3.5.3., og det samtidig skal foregå på samme dimension stik uden problemer for det øvrige anlæg fås:

Strålingsvarme:	$291 \text{ l/h} \times 0,86 \times 20^\circ\text{C} = 5.000 \text{ Watt}$
Konvektionsvarme:	$291 \text{ l/h} \times 0,86 \times 30^\circ\text{C} = 7.500 \text{ Watt}$
Gulvvarme:	$291 \text{ l/h} \times 0,86 \times 40^\circ\text{C} = 10.000 \text{ Watt}$

Man ser, at effekten fordobles, hvis afkølingen fordobles på samme dimension stik.

Da nu en lejlighed ikke har brug for mere end ca. 5.000 Watt, vil det derfor være vandmængden som skal reduceres og i princippet frigives der derved kapacitet [kW] i rørsystem, pumpe og veksler.

#### 4. Anbefalinger til vedligehold, optimering og reinvestering i fjernvarmetilslutningsanlæg.

Den 21. august 2018 blev samtlige 5 varmecentraler besigtiget med henblik på at foretage en vurdering af behov for evt. indgreb, optimering eller fornyelser.

Det fremgår af mappe som blev udleveret at ejendommen i 1981 og 1988 undergik en række energimæssige renoveringer. Bl.a. isolering mellem tagetage og 5 sal med mineraluld. Vinduer udskiftet til termovinduer, isolering af brystninger, isolering mellem kælder og stueetage med mineraluld samt tætning af samtlige døre til trappeopgange. Alt sammen gode tiltag, som ikke alene har nedsat energiforbruget men også effektbehovet. (det betyder, at der sandsynligvis ikke længere er behov for de kW som listet i nedenstående tabel 4).

Fjernvarmecentralerne er alle opbygget ens og etableret i 1992, som følge af at Københavns Borgerrepræsentation forinden havde besluttet, at alle oliefyrede kedelanlæg over 250 kW skulle omstilles til fjernvarme. Anlæggene har således nu opnået en alder på 26 år.

Boilerrum	kW	m <sup>2</sup> inkl. ½ kælder	Energi Watt/m <sup>2</sup>	Antal lejligheder	Energi Watt/lejlighed	Pris 1992 ekskl. moms	Pris 1992 ekskl. moms pr. lejlighed
Matr. 405	284	3.560	80	44	6.455	kr. 498.414	kr. 11.328
Matr. 404	238	2.986	80	38	6.263	kr. 500.205	kr. 13.163
Matr. 403	220	2.756	80	34	6.471	kr. 469.371	kr. 13.805
Matr. 402	217	2.723	80	34	6.382	kr. 481.922	kr. 14.174
Matr. 40	268	3.351	80	40	6.700	kr. 476.025	kr. 11.901
	1.227	15.376	80	190	6.458	kr. 2.425.937	kr. 12.768

**tabel 4: Data baseret på nødvendige effekt og installationspris som oplyst i 1993. Effekt [kW, energi] dækker både rumvarme og varmt brugsvand.**

Antallet af andele er oplyst til  $186+4 = 190$ .

På baggrund af investeringen i 1992 på godt 3,0 mio. kr. inkl. moms til fjernvarmekonvertering, kan det siges, at ombygning til fjernvarme, har kostet hver andel lidt over 600,- kr. om året i de forløbne 26 år.

Vi har ikke oplysninger om, hvad foreningen årligt bruger på drift og vedligehold. Vi vil foreslå, alderen taget i betragtning, at Isafjord påbegynder hensætning (hvis dette ikke allerede sker), til at kunne foretage en række udskiftninger og renoveringer i anlæg i de kommende år. Disse udskiftninger og renoveringer bør opstilles i en vedligeholdelses- og reinvesteringsplan, hvor de fordeles over de næste f.eks. 5-10 år.

- Nye varmevekslere (loddede).
- Ny automatik (med internetopkobling). Styring af både rumvarme og varmt brugsvand.
- Fjernelse af retur begrænserventil.
- Udskiftning af temperaturventil for varmt brugsvandsproduktion.
- Ventiler.
- Termometre.
- Isolering.
- Istandsættelse og maling af lokale.

- Undersøge ved HOFOR, om det er muligt at få en økonomisk kompensation ifm. en evt. yderligere reduktion i tilslutningseffekten, ift. den i 1993 nedjusterede tilslutningseffekt fra 1.536 kW til 1.227 kW, Dette afhænger af, om der forsat betales for fast tilslutningspris pr. kW hos HOFOR.

#### 4.1. Opbygning af varmecentral

Hvert anlæg er bestående af en varmeveksler for rumvarme (radiatoranlæg) og en varmtvandsbeholder for varmt brugsvand. Begge dele ser ud til at være udlagt rigelig stort.

Hvert anlæg er bestykket med fælles energimåler for varmt vand og rumvarme og er forsynet med filter og trykdifferensregulator, nødvendige termometre, manometre, bundhaner og udluftninger samt fælles retur begrænserventil.

Varmeveksler for rumvarme er styret af to parallelle motorventiler fabr. Clorius og en elektronisk Clorius regulator med udetemperatur styring.

Det var ikke muligt at se mærkeplade med type og størrelse på varmeveksler, da kapper er vanskelige at af- og påmontere. Der er sandsynligvis tale om fabr. Reci. Det står dog klart, at der er tale om en pladeveksler med pakkede plader. Disse har en tilbøjelighed til at blive utætte, hvis de ikke varmholdes sommeren igennem, og kan tilsvarende være vanskelige at få tætte igen, når der påsættes varme (pakninger bliver skøre).

Varmtvandsbeholder er sandsynligvis en fabr. Reci med dobbeltspiral og mulighed for at efterkøle returvand fra rumvarmekredsen. Det giver god mulighed for at levere returvand tilbage til forsyningen ved lav temperatur.

Varmtvandsbeholder er styret af en temperaturventil fabr. Clorius.

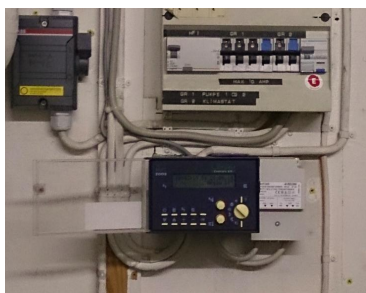
Både veksler og beholder har som sagt rigelig kapacitet, og det giver ikke problemer med brugsvandsproduktion, hvis returtemperaturen fra rumvarme skulle blive sænket. Så ville problemet allerede være mærkbart om sommeren, hvor der ikke køres med rumvarmeveksler.

Generelle indtryk er at centralerne vedligeholdes fornuftigt og må derfor siges at være i rimelig god stand, alderen taget i betragtning.

#### 4.2. Forslag til optimering og reinvestering.

Følgende billeder er uddrag, som synes væsentlige at vise ud fra en samlet billedmængde dækkede de 5 varmecentraler.

Bemærkninger nedenfor er gældende for samtlige varmecentraler.



Clorius automatik for rumvarme. Teknisk økonomisk levetid 15 år. Renovering bør påbegyndes og ny automatik/regulator bør kobles til internettet.



Cirkulationspumpe for radiatorvand, Nyere Grundfos med styring. Intet behov for optimering men bør dog tilsluttes i ny automatik/regulator.



Clorius reguleringsventiler for rumvarme. Teknisk økonomisk levetid 25 år. Renovering bør påbegyndes. Man bør overveje om det er nødvendigt med to reguleringsventiler.



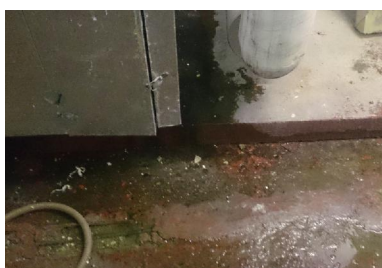
Tryk differensregulator, som holder fast  $\Delta P$  for både rumvarmeveksler og varmtvandsbeholders reguleringsventiler. Teknisk økonomisk levetid 25 år. Renovering/udeladelse bør overvejes.



Hovedhaner (HOFOR). Det er formentlig HOFORs ventiler. Gl. fedtsmurte haner bør undgås.  
 Teknisk økonomisk levetid 25 år  
 Returbegrænserventil kan fjernes såfremt ny automatik/regulator etableres.



Ventiler for brugsvand bør gennemgås og om nødvendigt udskiftes. Flere er utætte.  
 Teknisk økonomisk levetid 25 år  
 Enkelte brugsvandscirkulationspumper kan med fordel udskiftes til nye mere energirigtige pumper.



Utæthed ved veksler. Undgås ved skift til loddet vekslerstype.  
 Teknisk økonomisk levetid 25 år



Varmeveksler for rumvarme  
Teknisk økonomisk levetid 25 år



Varmtvandsbeholder med dobbeltspiral  
Teknisk økonomisk levetid 25 år



Clorius temperaturventil til styring af varmtvandsproduktion  
Teknisk økonomisk levetid 25 år. Temperaturventil kan udskiftes til motorventil som styres af evt. ny automatik/regulator.

Generelt bør termometre og manometre gennemgås ligesom isolering bør gennemgås og om nødvendigt udbedres/males.

Varmecentralslokaler bør rengøres. Gulve og vægge males.