



TEKNOLOGISK
INSTITUT

it's all about innovation





TEKNOLOGISK
INSTITUT

Konkrete anvendelser på varmepumper i Danmark

Grøn Energi, Kolding d. 12/9-2013

Bjarke Paaske
Center for køle- og varmepumpeteknik



Varmepumper til fjernvarmesystemer



TEKNOLOGISK
INSTITUT

- **Teknologien er udviklet og demonstreret (14 installerede – 6 på vej)**
- **Varmepumper er økonomisk attraktive i mange systemer**

Fjernvarmeværker

Stor besparelse i forhold til naturgas (særligt v. lave el-priser)

Mindre følsomhed for svingende gas- og el-priser

Genvinding af spildvarme til fjernvarmesystemer

Kan godt lade sig gøre med korte tilbagebetalingstider

Skattereglerne er meget uklare og man bør alliere sig med revisor

- **Adgang til varmekilde?**
- **Alternativ produktionspris?**



Forskellige brændsler til opvarmning

Brændsel	Rå pris [kr./MWh]	Afgift [kr./MWh]	Rumvarme [kr./MWh]	Forsynings- afgift [kr./MWh]
Naturgaskedel	280	220	500	35 (535)
Naturgasmotor	180	180	360	30 (390)
Træpiller	280	0	280	50 (330)
Træflis	225	0	225	50 (275)
Halm	195	0	195	50 (245)
Varmepumpe [COP 4]	600/4 = 150	400/4 = 100	1.000/4 = 250	0 = 250

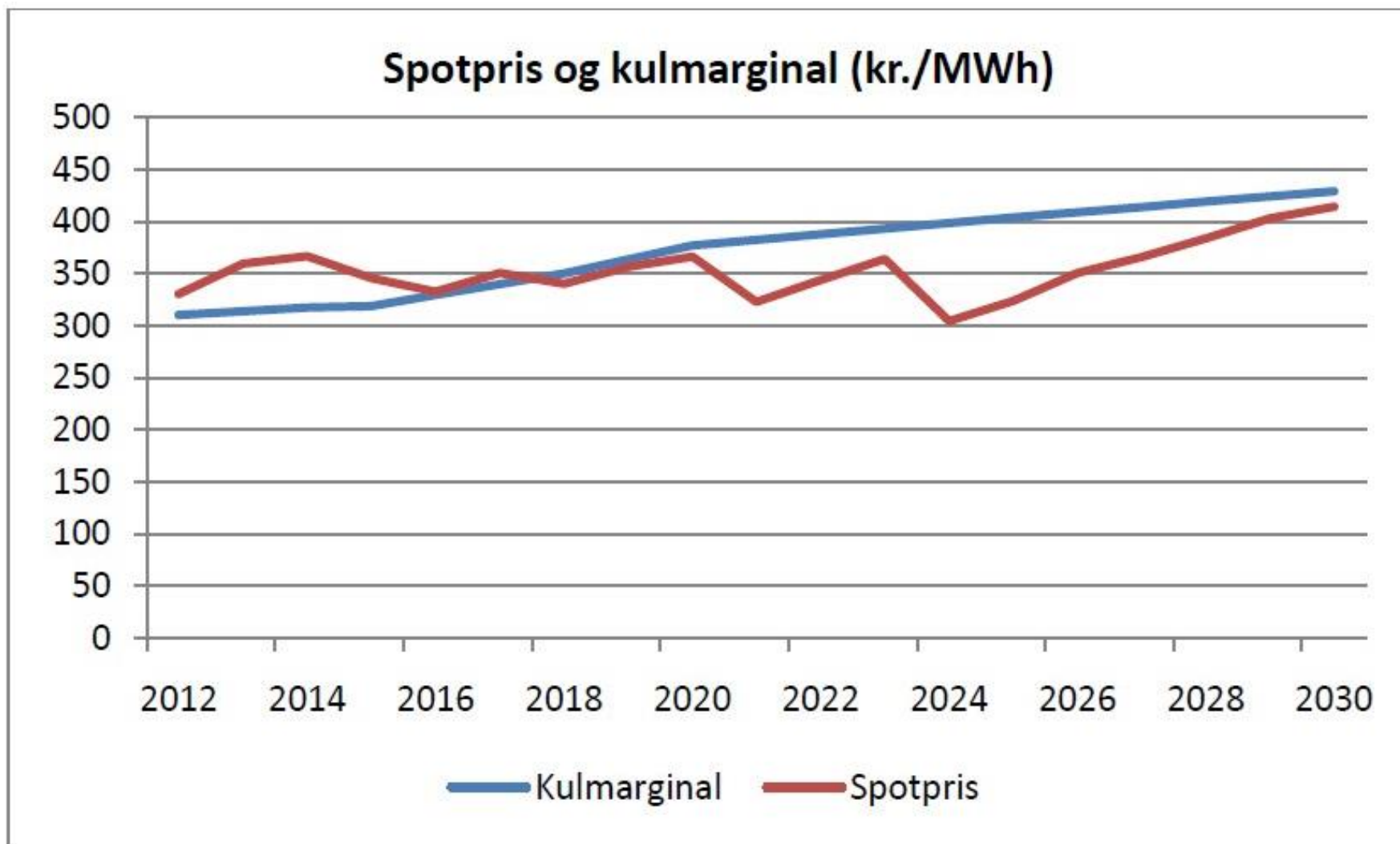
EI = 270 kr./MWh
Øvrige = 330 kr./MWh

Før afgiftsomlægning kr. 730

Energistyrelsens fremskrivninger



TEKNOLOGISK
INSTITUT



Der kan laves fastprisaftale med el-leverandør

Nedenstående er et estimat fra Energi Danmark d. 12/4-2013:

År	DKK/MWh
2014	298
2015	296
2016	293
2017	300
2018	311
2019	317
2020	323
2021	330
2022	336
2023	343

Priserne ændres hele tiden

Afhænger af forbrug, mønster, sikkerhed m.m.



Virksomheder med spildvarme

- "Damp-faner" eller el-forbrug kan være god indikation





Skjern Papirfabrik

- Tørring af papir genererer store mængder fugtig luft
- Udblæsning blev målt til 100.000 m³/time v. 55° C
- Effekt kan beregnes fx i CoolPack
- Ca. 8 MW er til rådighed – Optimal størrelse er ca. 5 MW
→ dækker 60 % af byens varmebehov

Eksempler på anvendelser



- **Skjern Papirfabrik**
 - **Installeret på baggrund af grundige analyser af energi og økonomi**
 - **Udnytter spildvarme fra papirtørring og opvarmer fjernvarmevand**
 - **Køling af fugtig luft 55 til 30° C**
 - **Opvarmning af fjernvarmevand 40 til 70° C**
 - **Direkte varmeveksling ca. 1,3 MW**
 - **3 identiske NH₃ varmepumper – Samlet ydelse på ca. 4,0 MW**
 - **Samlet varmeydelse ca. 5,3 MW**
 - **COP på ca. 6,7 med direkte varmeveksling**
 - **Tilknyttet varmelager**
 - **Papirfabrikken ejer varmepumpen og leverer op til 60 % af byens fjernvarme**

Akkumuleringstank (1250 kbm) og fjernvarmerør



Luft/vand-veksler og nyt afkast, 14 og 18 meter



Ny 200 kW blæser, direct drive



Varmepumper, 3 stk opstillet





Økonomi - Overskudsvarmeafgift

Genvinding af overskudsvarme fra ikke-afgiftsbelagt energi

Uden varmepumpe

230 kr./MWh for den varme der genvindes
eller

38 % af vederlaget

Med varmepumpe

230 kr./MWh for varmemængden udover 3 x el-forbrug (hvis COP > 3)
eller

38 % af vederlaget for varmemængden udover 3 x el-forbrug (hvis COP > 3)

COP=3 - ingen overskudsvarmeafgift

COP=4 - overskudsvarmeafgift på 230 kr./MWh eller 38 % af vederlaget,
for 1/4 af den solgte varmemængde



Regneeksempel (ikke faktiske tal)

5,3 MW Varmepumpe genvinding af spildvarme (COP 6,7)

Årlig produktioner ca. 40.000 MWh (7.500 timer)

Salg af varme 350 kr./MWh	14 mio. kr./år	
El til varmepumpe 165 kr./MWh	6,6 mio. kr./år	(1.100 kr./MWh-el)
Overskudsvarmeafgift (38 % af vederlag af COP>3)	2,9 mio. kr./år	

Årlig fortjeneste	4,5 mio. kr.
1. Års energibes. (40 øre/kWh)	13,5 mio. kr.

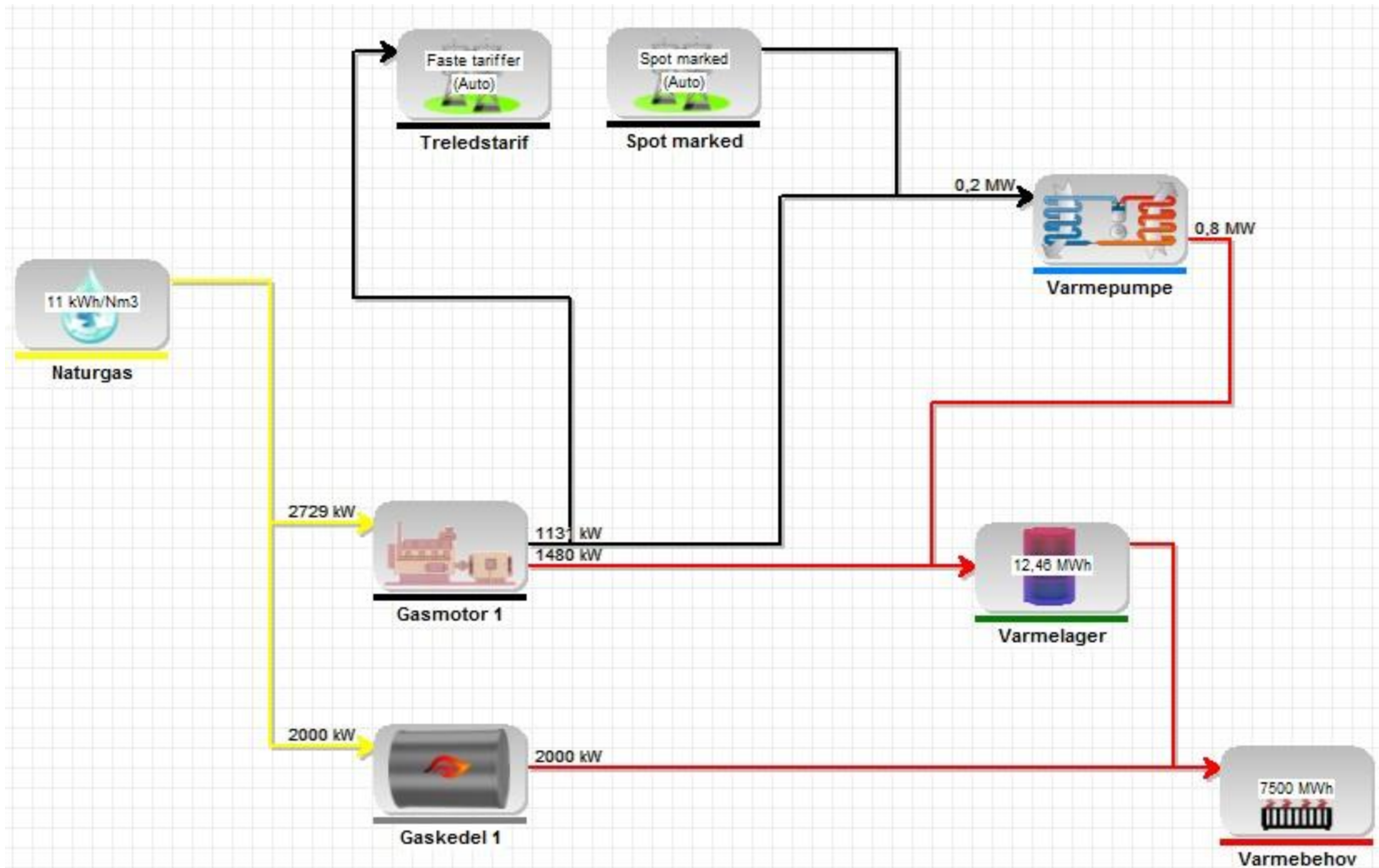
Investering

Varmepumpe	12 mio. kr.
Tilbehør	12 mio. kr.

Simpel tilbagebetalingstid = 2,3 år

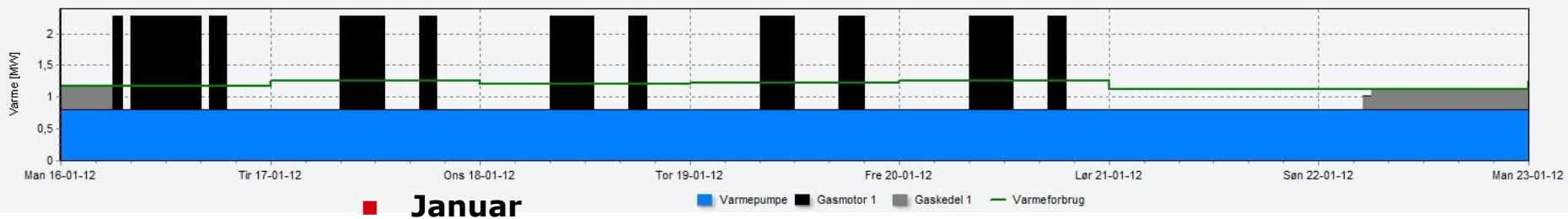
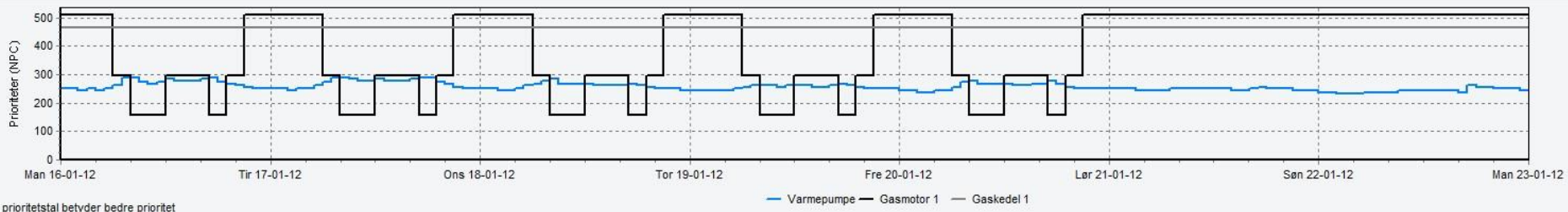
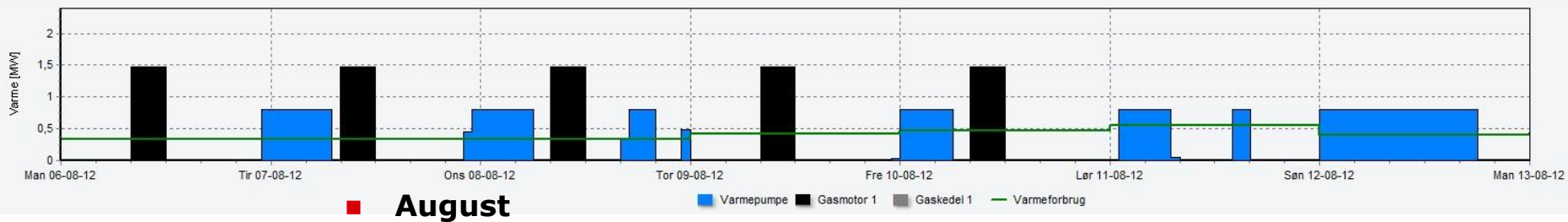
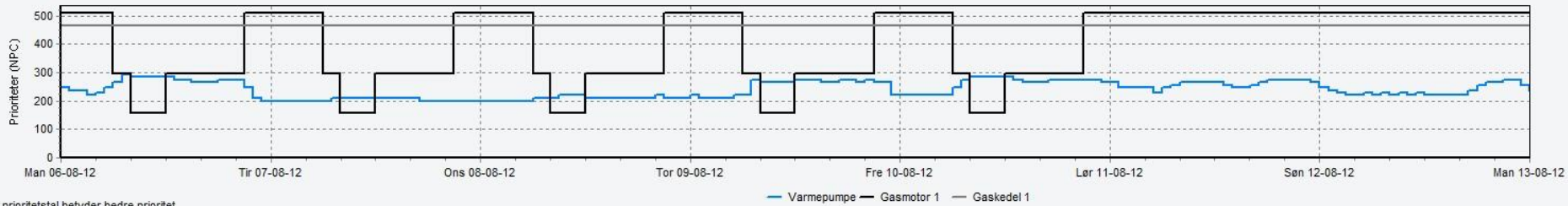


Mindre værk på treleds-tarif





Mindre værk på treleds-tarif





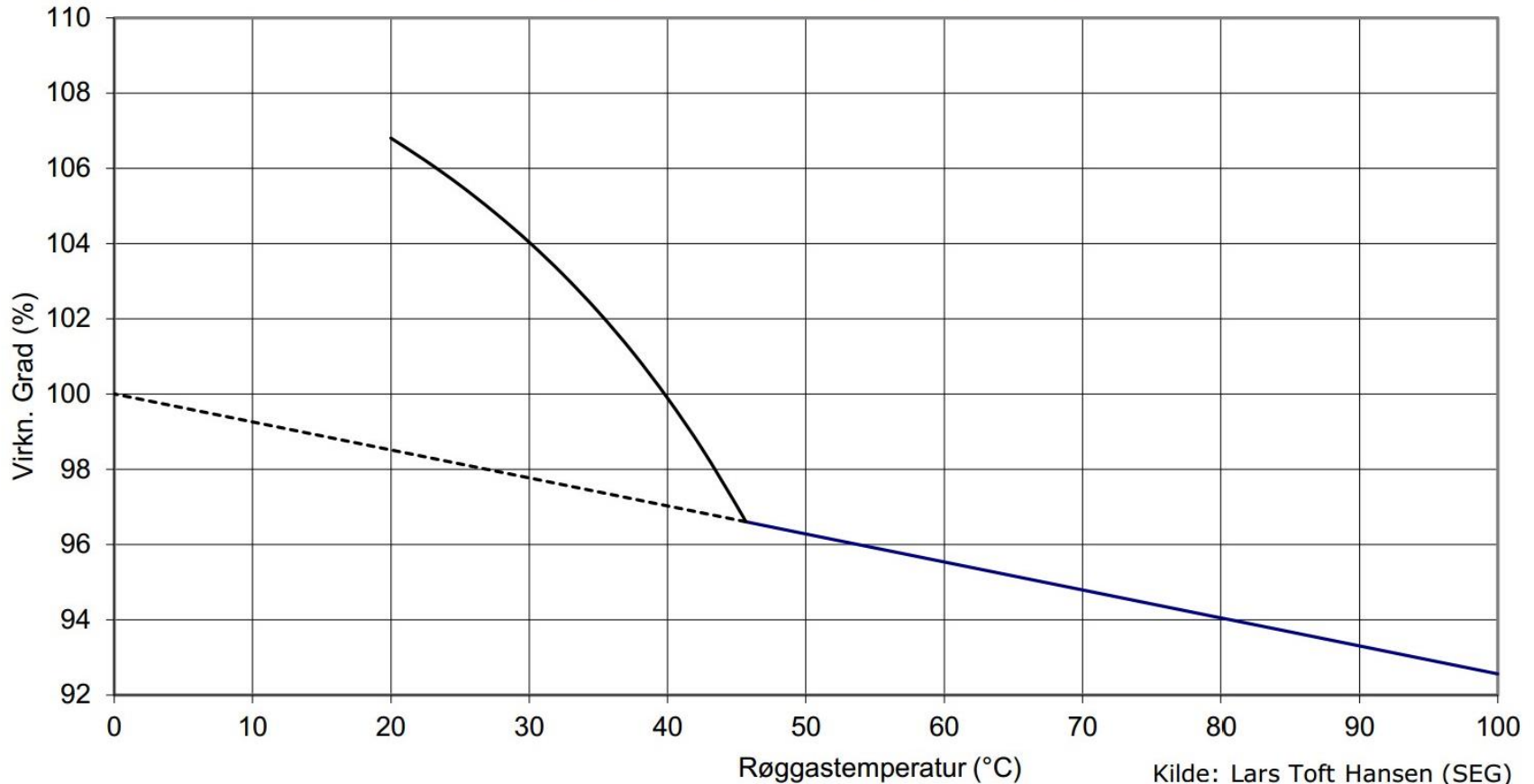
Energy Pro beregning

- 800 kW VP med COP på 4 (overskudsvarme)
- Produktionsomkostninger uden VP = 2,48 mio. kr.
 - Motor 62 % og kedel 38 %
- Produktionsomkostninger med VP = 1,58 mio. kr.
 - Motor 29 %, kedel 4 % og varmepumpe 67 %
- Årlig besparelse ca. **kr. 900.000,-**

■ Køling af røggas på naturgasanlæg



Teoretisk total virkn. grad på JMS 620 E12 gasmotor ved fuldlast når kun røggastabet medregnes som tab



- Mulighed for 10-15 % bedre udnyttelse/kapacitet



Lading-Fajstrup Fjernvarme

- Mindre varmeværk i udkanten af Århus
- 208 forbrugere
- Årlig varmeproduktion 5.600 MWh

- 2 stk. Jenbacher J316: 0,736 MW-el og 900 kW varme



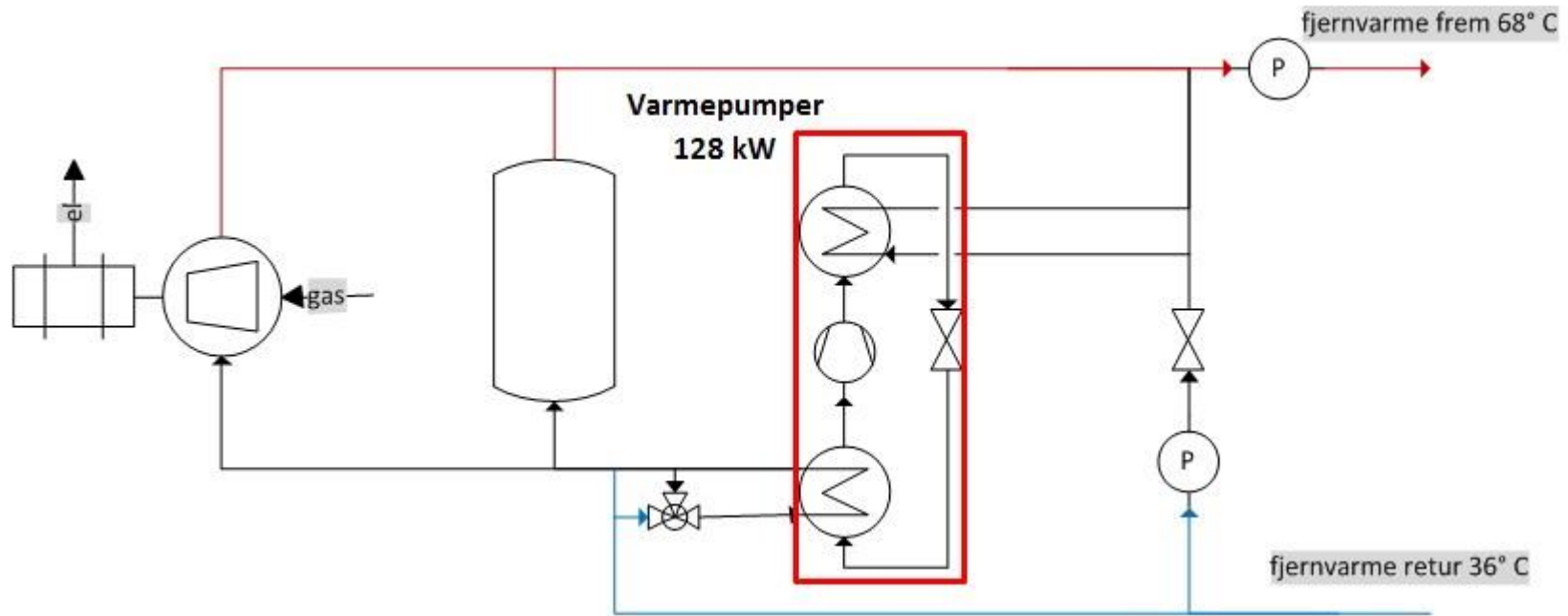
Lading-Fajstrup Fjernvarme

- 1 motor med LT veksler og 2 stk. 65 kW varmepumper
- Varmeeffekt fra motor 900 kW → 1.000 kW
- Varmepumper er standardprodukter
- Forvarmer returvand
- COP ca. 4,3



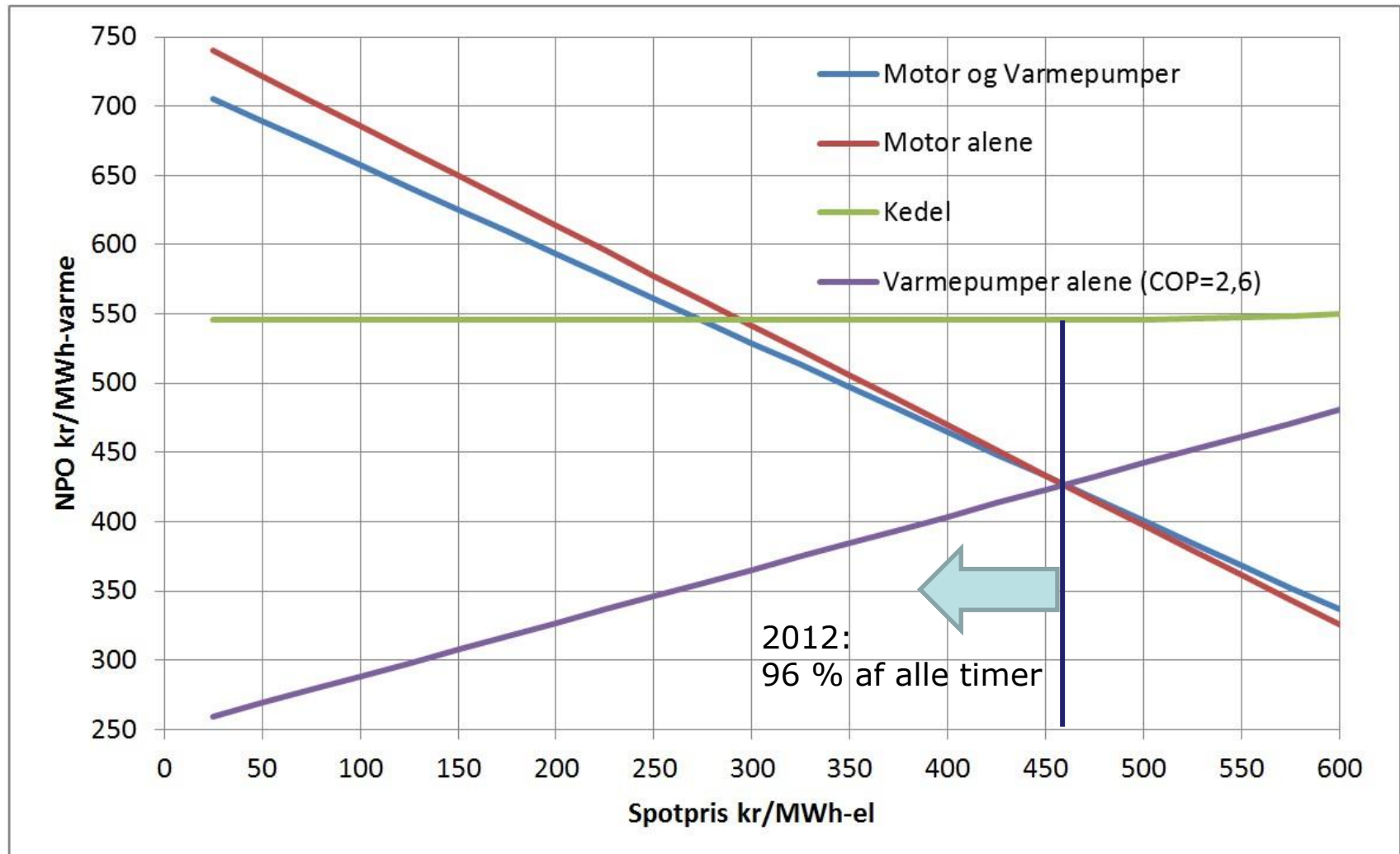
Lading-Fajstrup Fjernvarme

- Køler i princippet den fulde returstrøm
- Giver mindre effektiv COP: 4,3 → 2,6
- Giver mulighed for uafhængig drift





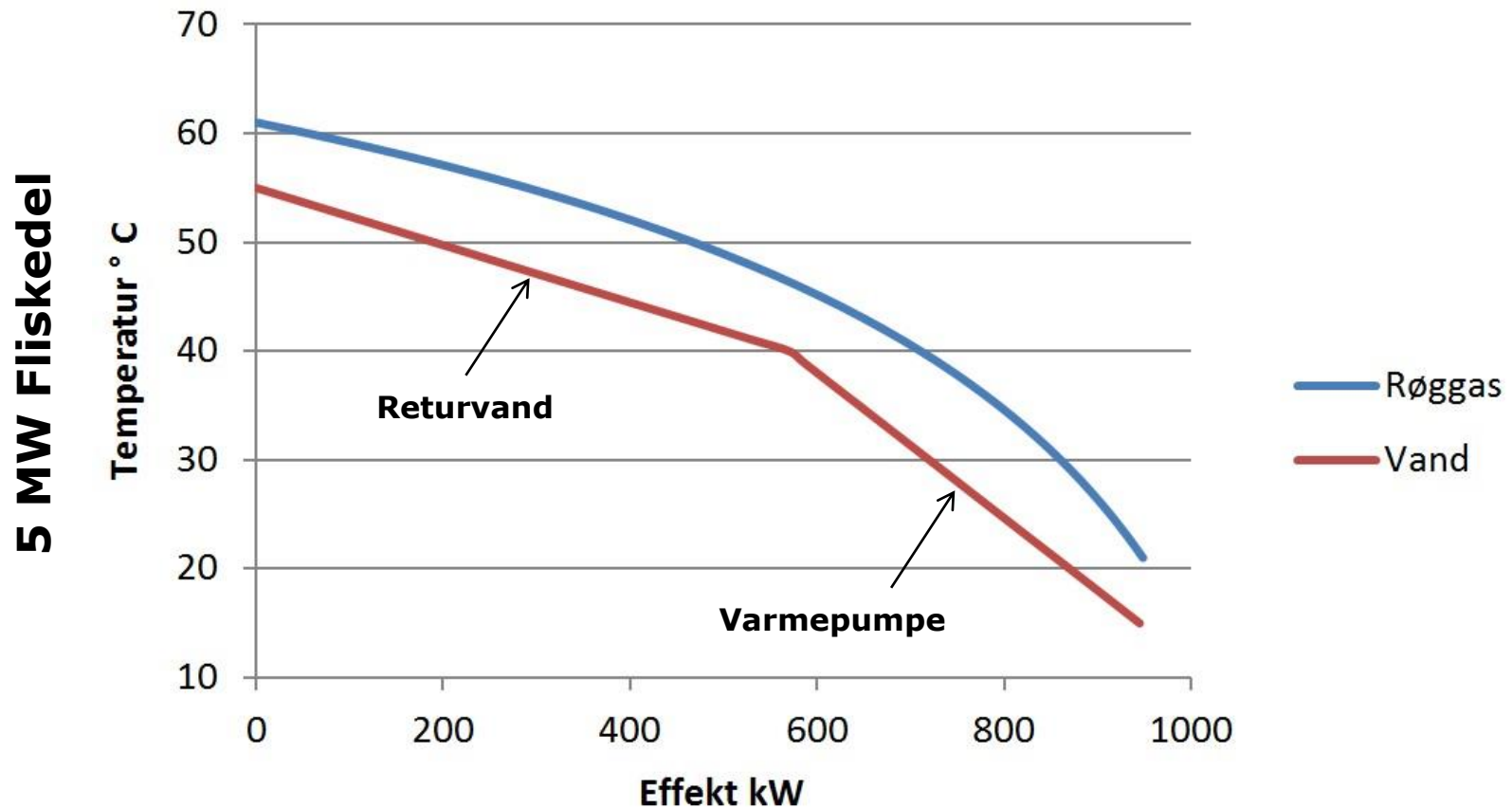
Lading-Fajstrup Fjernvarme



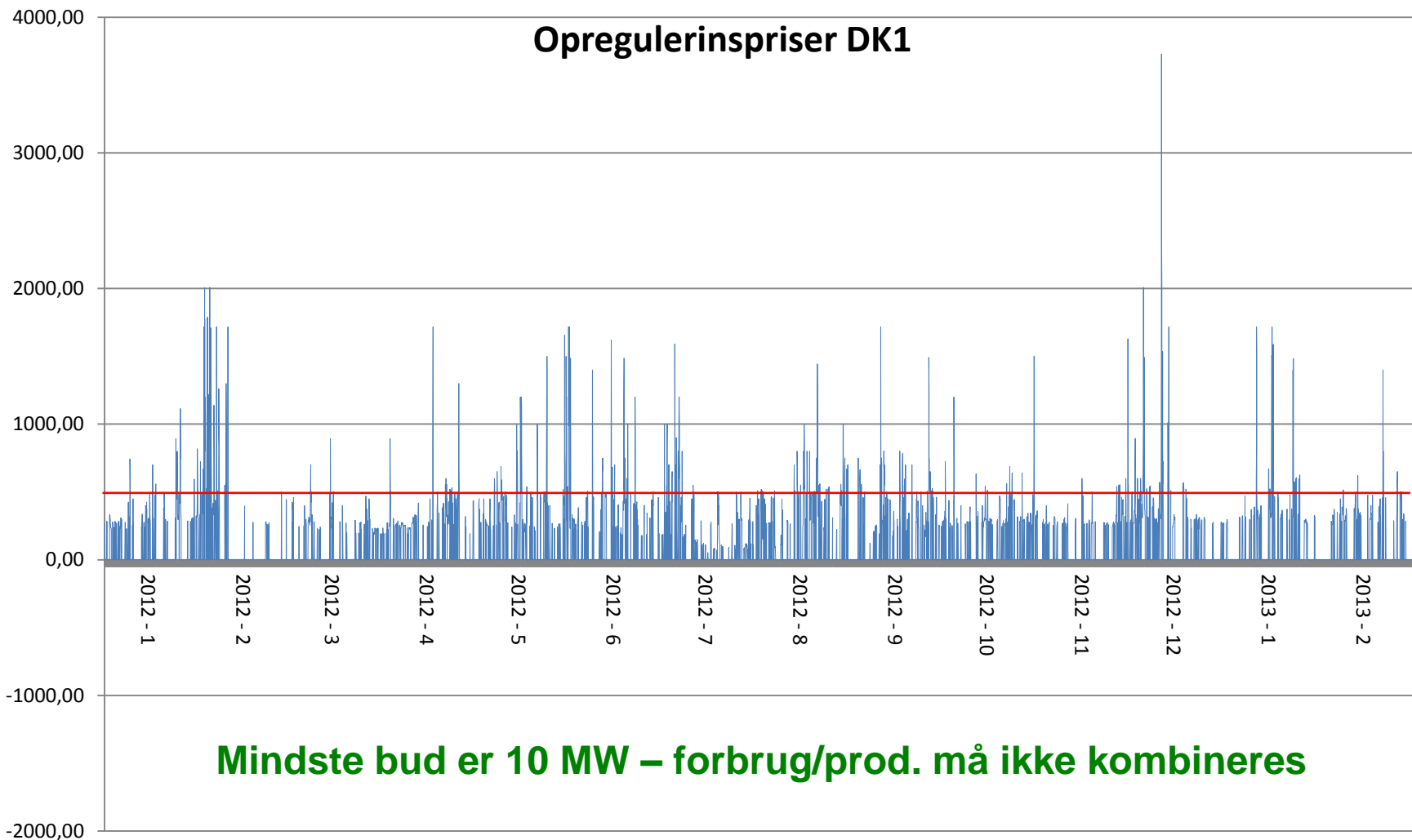


Varmepumpe bør køle separat kredsløb (Høj COP)

Lav returtemp. giver stor gevinst uden VP



- Overvej hvor meget der skal med – sidste del er dyr



Konklusioner - økonomi



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Fjernvarmeværker

Stor besparelse i forhold til naturgas (særligt v. lave el-priser)

Mindre følsomhed for svingende gas- og el-priser

Overkapaciteten betyder bedre udnyttelse af el-markedet

Genvinding af spildvarme til fjernvarmesystemer

Kan godt lade sig gøre med korte tilbagebetalingstider

Skattereglerne er meget uklare og man bør alliere sig med revisor

Ydelser ifm. el-regulering

Mulighed for mindre indtjening på det manuelle reservekraftmarked (regulerkraft)

15 min. reaktionstid – kan lade sig gøre med de fleste standardløsninger

Min. bud 10 MW-el, prod./forbrug må ikke kombineres - mindre budstørrelser forventes



Varmepumper i fjernvarme - Erfaringer

- Varmepumperne lever generelt op til kravene for varmeydelse, strømforbrug og COP
- Undervurder ikke krav og arbejdsomfanget til tilslutning og indregulering
- Afstem varmepumpen til kravene for varmefordelings- og reguleringsystem (og omvendt)

Det skal understreges at:

- Varmepumper adskiller sig væsentligt fra KV og Kedler
 - Der findes mange forskellige løsningsmuligheder
 - 1: El-pris
 - 2: Pris for varmekilde som erstattes (gas)
 - 3: Varmekilde (kapacitet, temperatur, tid) →
 - 4: Varmebehov (kapacitet, temperatur, tid) →
 - 5: Tilgængelige varmepumpeløsninger →
 - 6: En masse mindre detaljer... →
- Kræver ofte kompetent rådgivning**
- Kræver altid kompetent rådgivning**



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Tak for opmærksomheden!



Bjarke Paaske, bjpa@dti.dk, tlf. 7220 2037, Center for køle- og varmepumpeteknik