

Varmepumper og elkedler i fjernvarmen

teknik, økonomi og driftserfaringer

Workshop Dansk Fjernvarme 19. marts 2013



AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Cone of Learning

After 2 weeks we tend to remember		Nature of Involvement
90% of what we say and do	Doing the Real Thing	Active
	Simulating the Real Experience	
	Doing a Dramatic Presentation	
70% of what we say	Giving a Talk	
	Participating in a Discussion	Passive
50% of what we hear and see	Seeing it Done on Location	
	Watching a Demonstration	
	Looking at an Exhibit Watching a Demonstration	
	Watching a Movie	
30% of what we see	Looking at Pictures	
20% of what we hear	Hearing Words	
10% of what we read	Reading	

PROGRAM OG UNDERVISERE

9.10 **Elkedler og varmepumper – ny teknologi, nye afgifter, nye tider for fjernvarmen**
v/ Morten Boje Blarke, Aalborg Universitet

10.00 **Case studier for eldrevne varmepumper, Ans, Brædstrup**
v/ Niels From, PlanEnergi

10.30 Kaffepause

11.00 **Elmarkedet – produkter og tjenesteydelser**
v/ Jørgen Morild, Energi Danmark

11.45 **Hvilken varmepumpe skal vi vælge? Sammenligning af leverandører og løsninger**
v/ Morten Boje Blarke, Aalborg Universitet

12.00 Frokost

13.00 **Teknisk-økonomisk analyse: Investering, rentabilitet, risici, og drift af eldreven varmepumpe i lyset af markedsudviklingen på el og gas**
v/ Morten Boje Blarke, Aalborg Universitet

13.15 **Workshop – ad-hoc analyser baseret på deltagernes egne værker (eller interesser)**
v/ Morten Boje Blarke, Aalborg Universitet og v/ Niels From, PlanEnergi

14.30 Kaffepause

15.00 **Workshop fortsat**

15.50 **Opsamling, afsluttende diskussion, og evaluering**

16.00 SLUT



Morten Boje Blarke
Lektor, civilingeniør
Aalborg Universitet



Niels From
Civilingeniør
Planenergi



Jørgen Morild
Regionsansvarlig
EnergiDanmark

Hovedmenu

[Velkommen](#)[Flere nyheder](#)[Videnscentre og rådgivere](#)[MBBloggen](#)

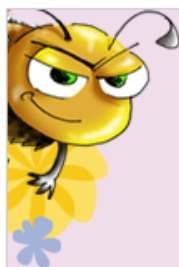
Elkedler

[Elkedler geografisk](#)[Elkedler liste](#)[Leverandører](#)

Varmepumper

[Viden](#)[Leverandører](#)

Kursusmateriale

[Kursus 13. marts 2012](#)[Kursus 9. marts 2011](#)[Seminar 23. april 2009](#)[Kursus 24. februar 2009](#)[Kursus 22. april 2008](#)[Kursus 26. september 2007](#)[Kursus 21. november 2006](#)

VARMEPUMPER I FJERNVARMESYSTEMET: KONFERENCE OG MINI-MESSE - 17. APRIL 2013 I AALBORG KONGRES OG KULTUR CENTER



Senest opdateret: Lørdag, 23. februar 2013 18:43

Skrevet af Morten Boje Blarke

Mandag, 23. januar 2012 11:50

[FleksEnergi](#), [Aalborg Universitet](#) og [Dansk Fjernvarme](#) afholder for første gang i Danmark en messe om varmepumper i fjernvarmesystemet. Arrangementet vil indeholde en konference med oplægsholdere og casehistorier samt en mini-messe med match-making i højsædet. På mini-messen kan I bl.a. møde leverandører og udviklere af varmepumper samt rådgivere.

Tema-dagen og mini-messen formidler unik indsigt i helt aktuelle teknologiske og økonomiske muligheder omkring design, investering og drift af varmepumper i fjernvarmen.

[Tilmelding kan ske ved at klikke her](#) eller via mos@aalborg.dk

Vi ser frem til en spændende og lærerig temadag!

SMARTVARME.DK formidler viden om elkedler og varmepumper i den decentrale kraftvarmeproduktion. En stor del af indholdet baserer sig på en kursusrække gennemført i regi af Dansk Fjernvarme.

[Klik her for information om Dansk Fjernvarmes næste kursus i elkedler og varmepumper.](#)

Følg med i vores [nyheder](#) og [blog](#), hvor vi diskuterer op med lokale nyheder og debat omkring fremtiden for de lokale kraftvarmeværker og fjernvarmeværker.

Seneste nyt

[Serrerrummet varmer Hedensted Rådhus op i snevejret](#)

[Solglæde i Dronninglund efter syv års kamp](#)

[Klippebyer er splittede om fjernvarme](#)

[Energiskeptiker opfordrer: Flygt i tide](#)

[Fjernvarme eller olie?](#)

[Danske kraftværker ude i overlevelseskamp](#)

[Grøn og billig fjernvarme til Aarhus](#)

[Fynsk biogasprojekt flytter ind hos Fjernvarme Fyn](#)

[BRK: Udbud af affald kan give varmeproblemer](#)

[Prisen på fjernvarme stiger syv procent](#)

[Fynsk energiskov på vej](#)

[Kraftvarmeværk er udsat](#)

[Tønder-virksomhed konkurs: 100 mister deres job](#)

[Store miljøgevinster ved at skifte fra olie til fjernvarme](#)

[Miljøvenlig varme på vej](#)

Elkedler og varmepumper

Ny teknologi, nye afgifter, nye tider
for fjernvarmen

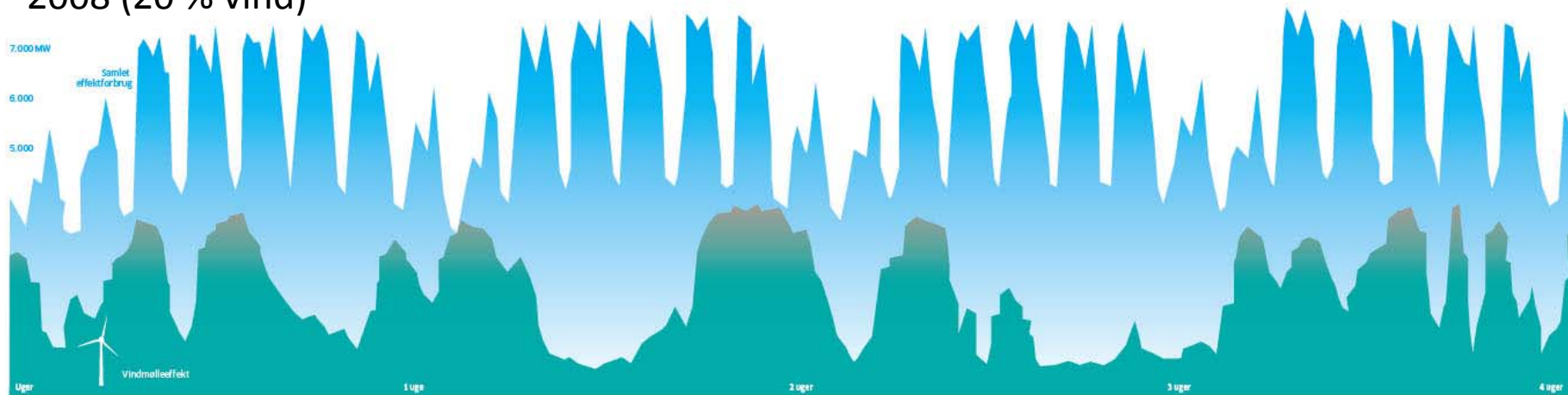
Workshop Dansk Fjernvarme 19. marts 2013



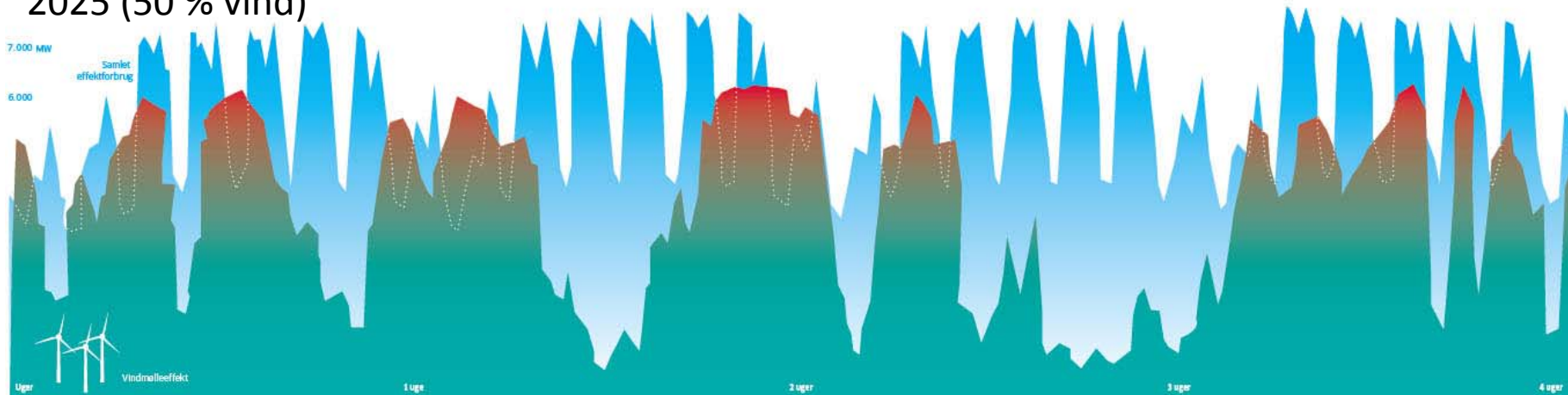
AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Udfordringen fra vindkraft

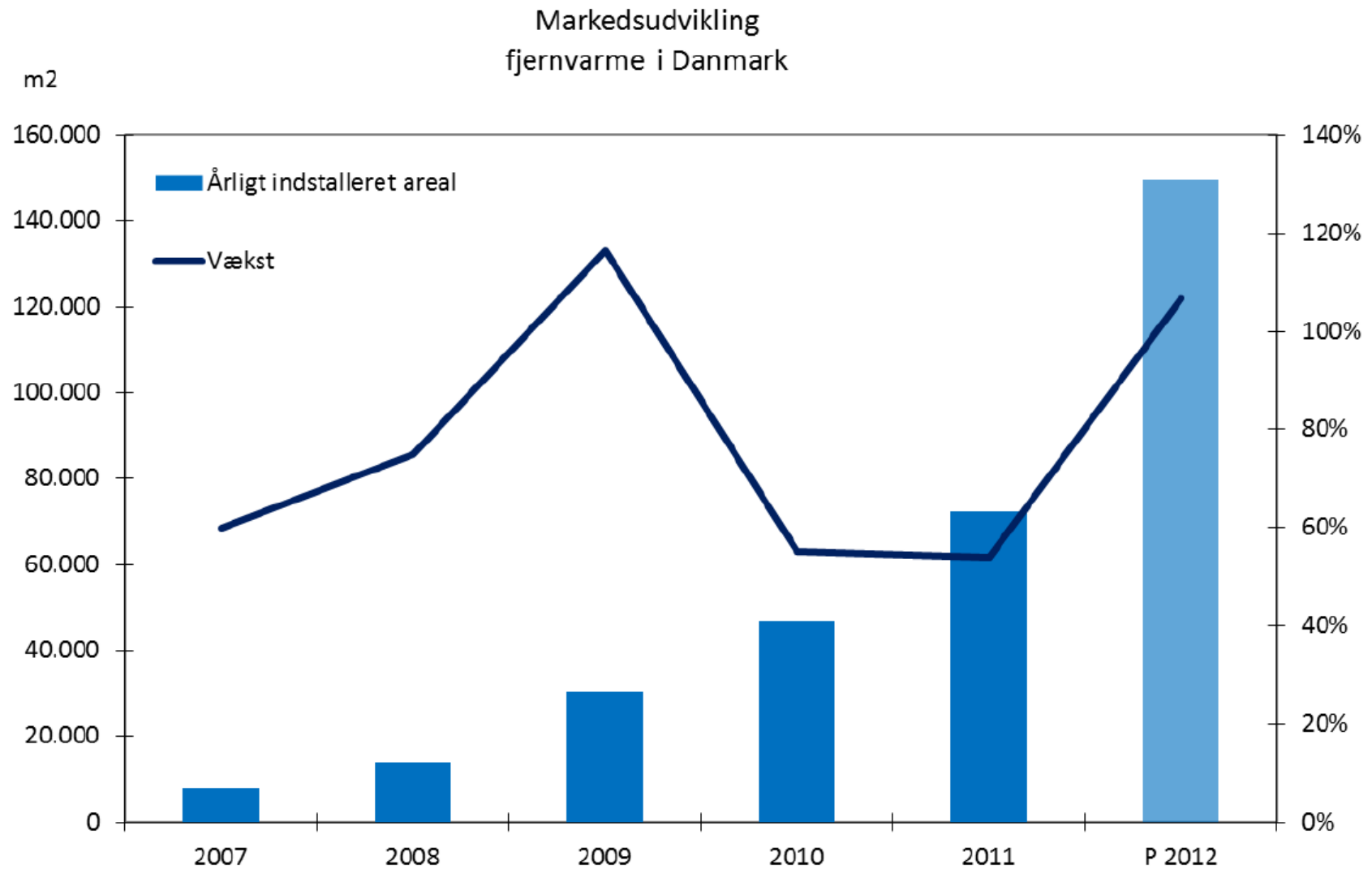
2008 (20 % vind)



2025 (50 % vind)

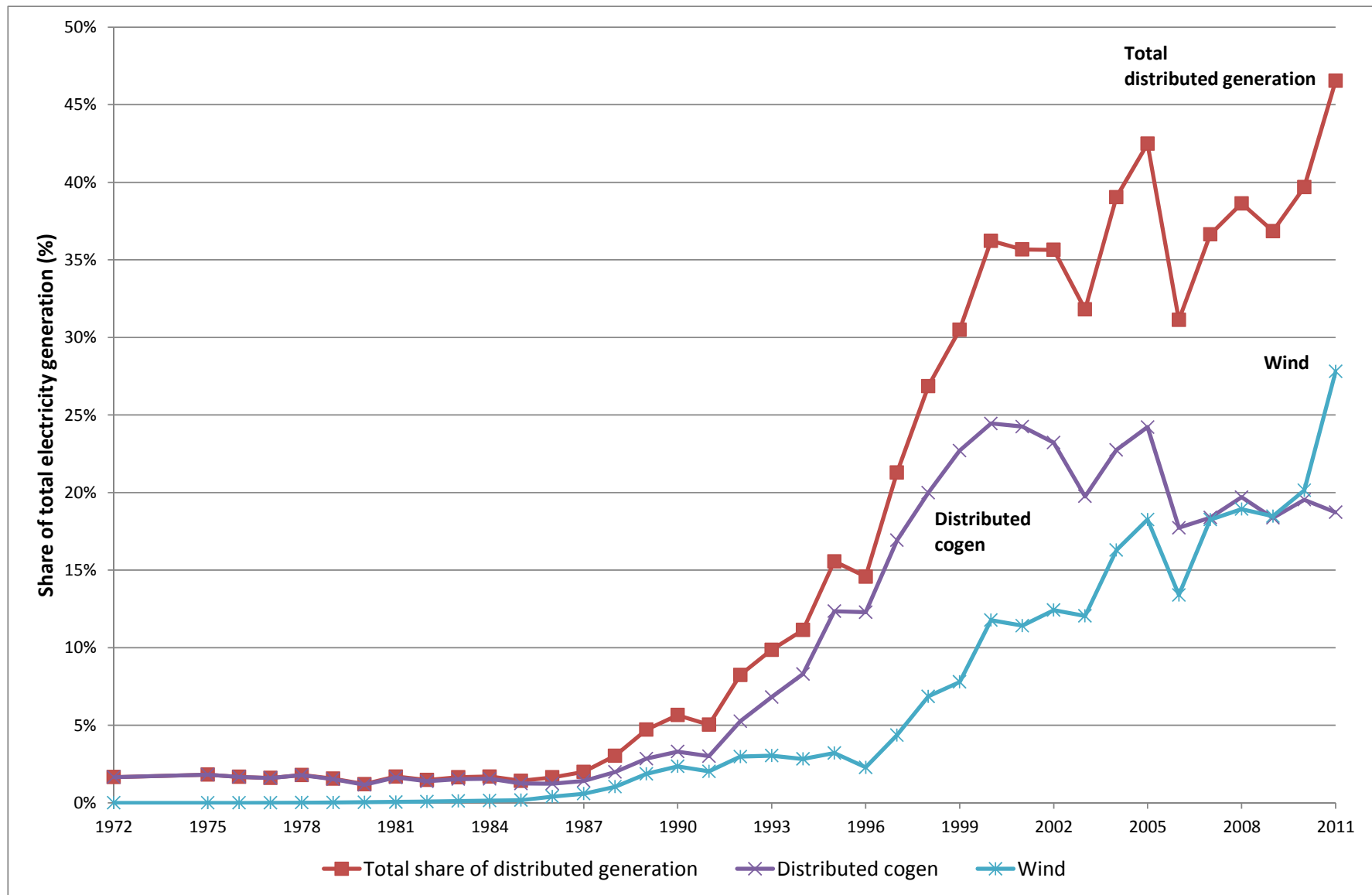


Udfordringen fra solvarme

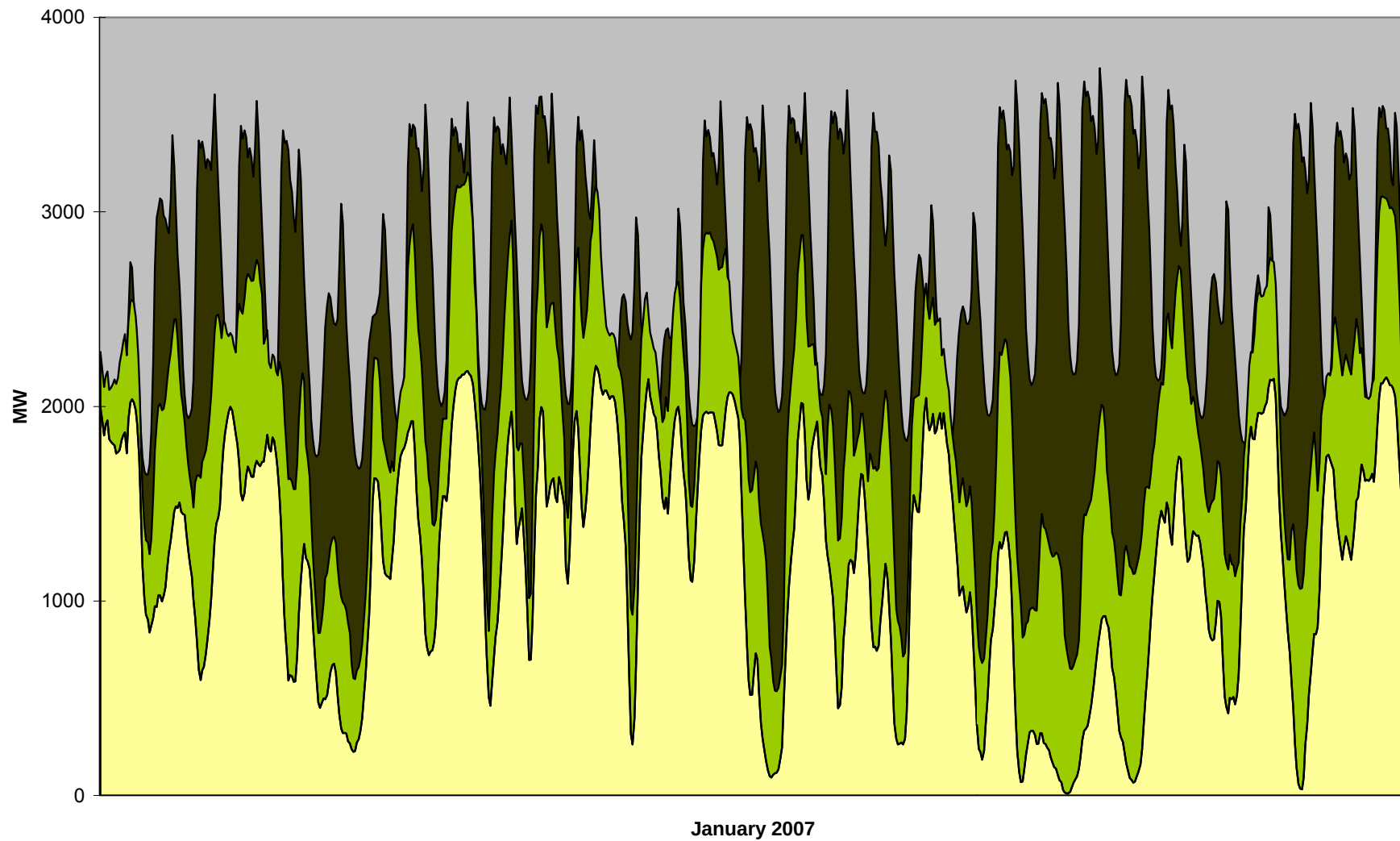


Kilde: Arcon solar

Kraftvarmen giver efter for vind



Vind, CHP, Elforbrug



Ambitiøse historiske planer for eldrevne varmepumper

Projekt nr. 2010 - 02
Titel: Varmeplan Danmark 2010
Udført af: Rambøll Danmark i samarbejde med

3-400 MWe

Varmeplan Danmark 2010
Hovedrapport



RAMBØLL

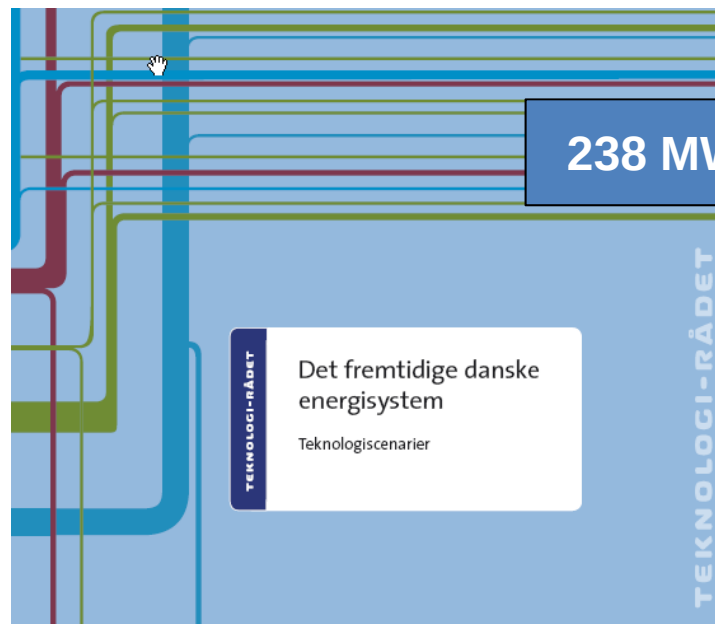
AALBORG UNIVERSITET

Dansk Fjernvarme fjernvarme



450 MWe

Ingeniørforeningens
Energiplan 2030



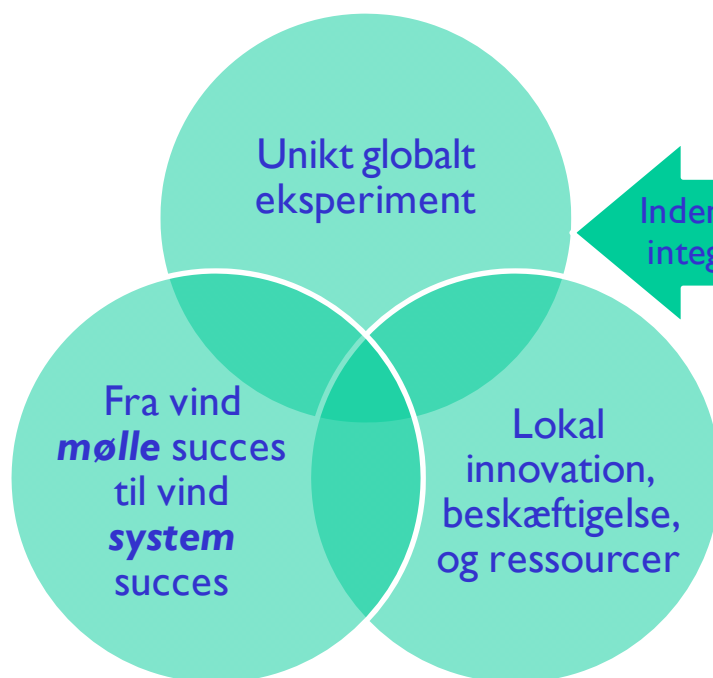
238 MWe

Det fremtidige danske
energisystem

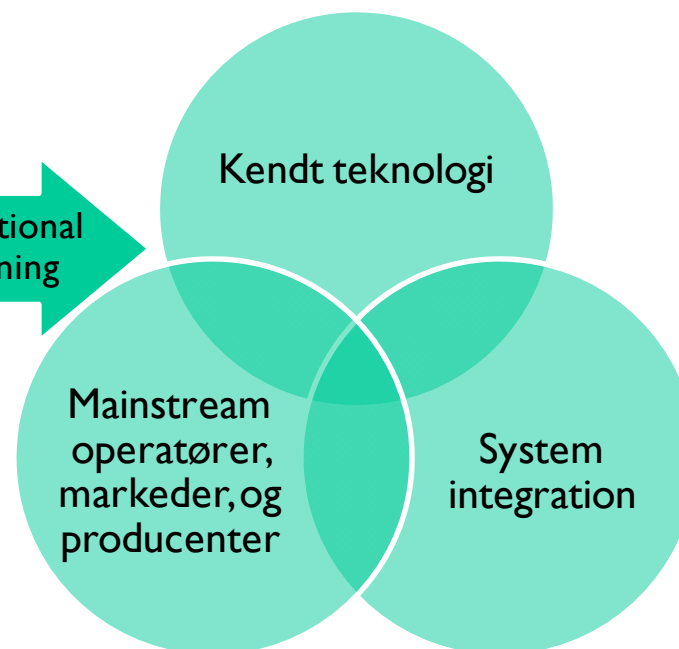
Teknologiscenarier

To strategiske modeller for integration af vindkraft

Indenlandsk integration (Smart Grid)



Transnational udbygning (Super Grid)



Indenlandsk
integration

Transnational
udbygning

INCITAMENT TIL “SMART” ELANVENDELSE

Elpatron-ordningen i 2005, der ligestiller elanvendelse med andre brændsler, fastlægger en maksimal energiafgift målt på varmeproduktionen (i 2013: 228 kr/MWh – øges også med forsyningssikkerhedsafgiften?)

Nedsættelse af elafgift i 2013 for anvendelse til opvarmningsformål, og samtidig forhøjelse af afgifter på fossile brændsler



To modeller for fremtidens fjernvarmeproducent ?

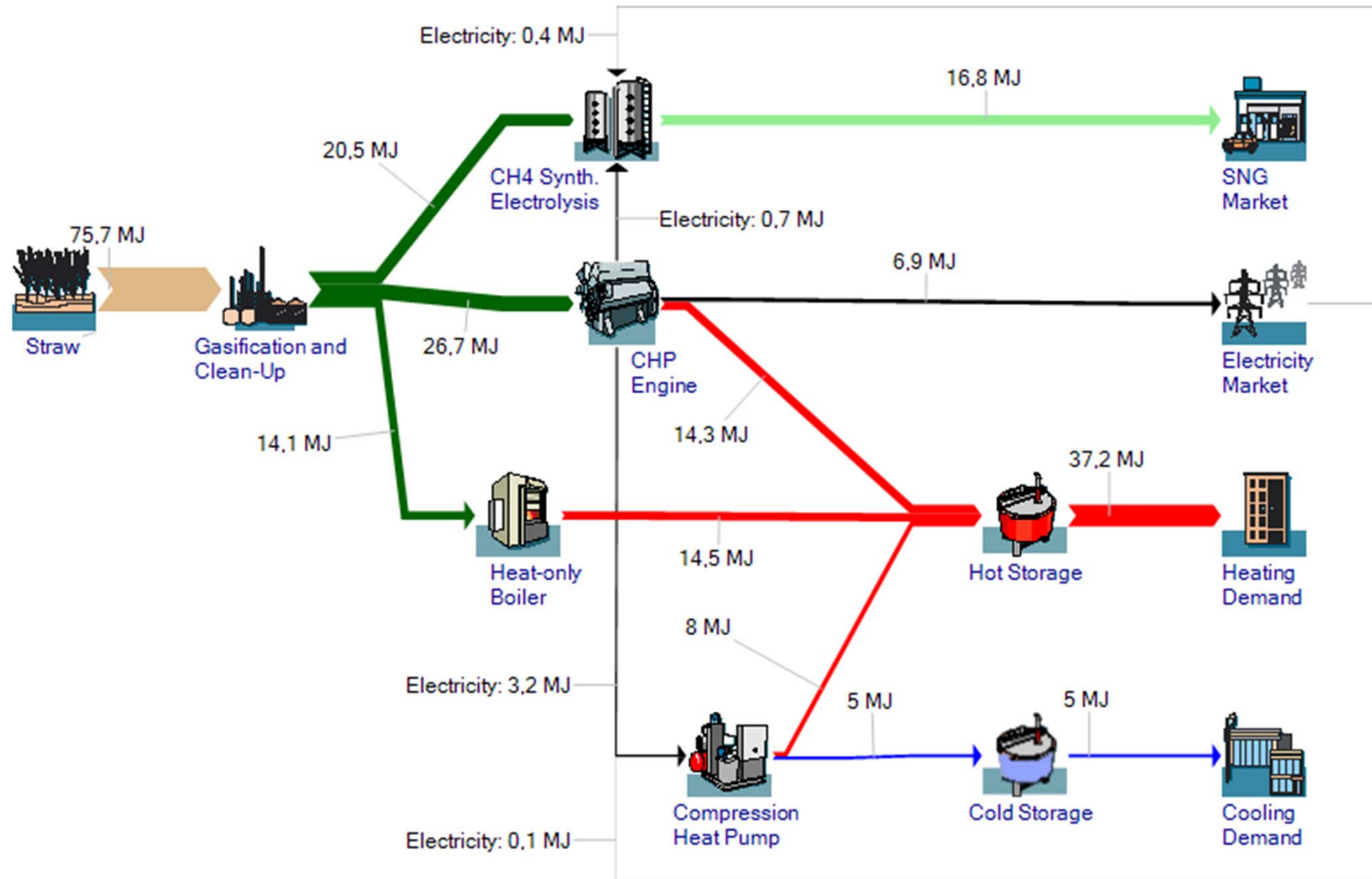
Elproducent og
system-
tjenesteudbyder

- Gas (og biogas) i gasmotor/turbine
- Elkedel
- Absorptionsvarmepumpe
- Varme- og kølingsproducent

Elforbruger og
VE-producent

- Solvarme
- Kompressions-varmepumpe
- Biomasse
- VE- og biobrændselsproducent
- Varme- og kølingsproducent

Ét eksempel på fremtidens fleksible og effektive forsyningsanlæg



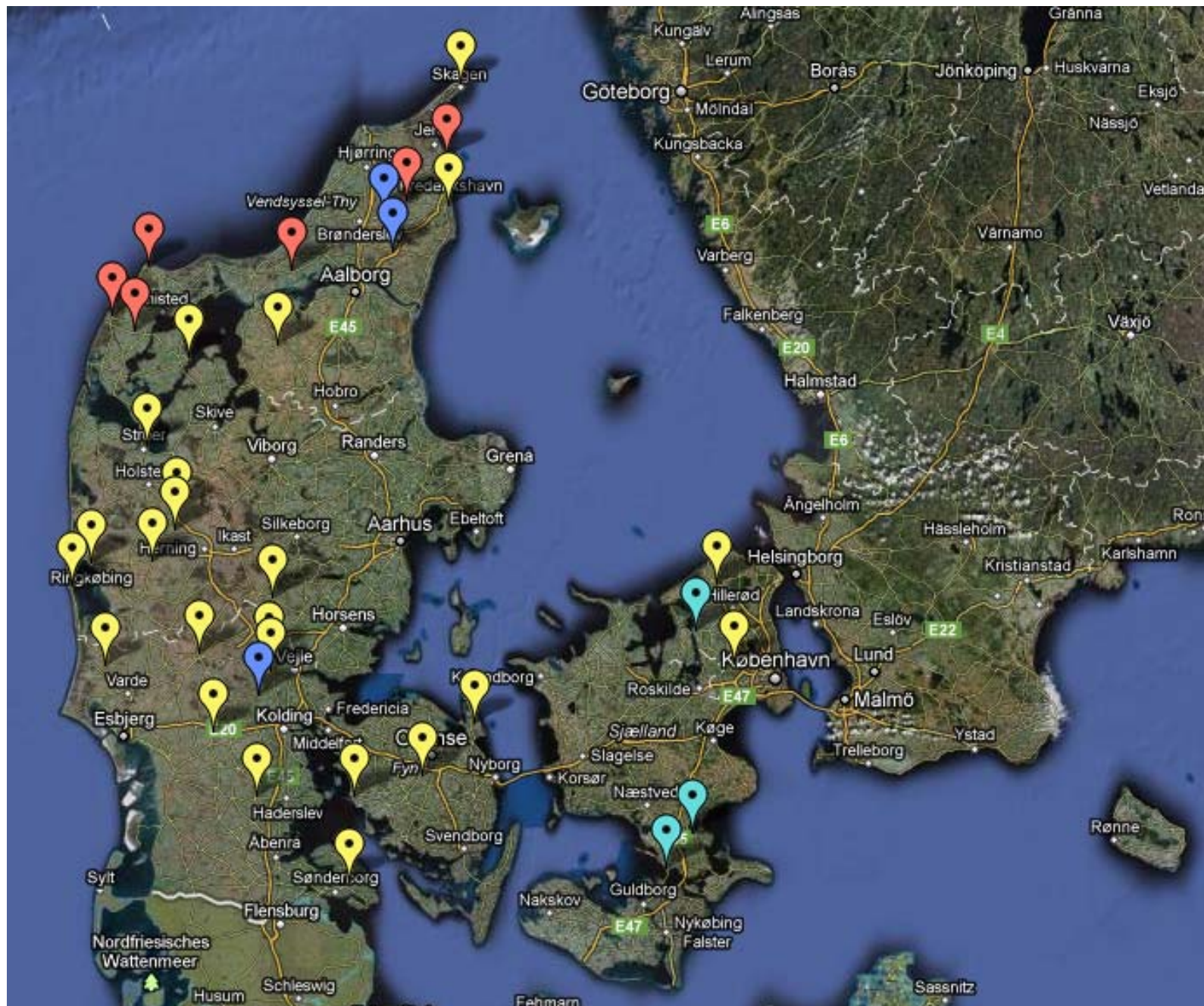
Elkedler

den aktuelt eneste aktive SmartGrid teknologi

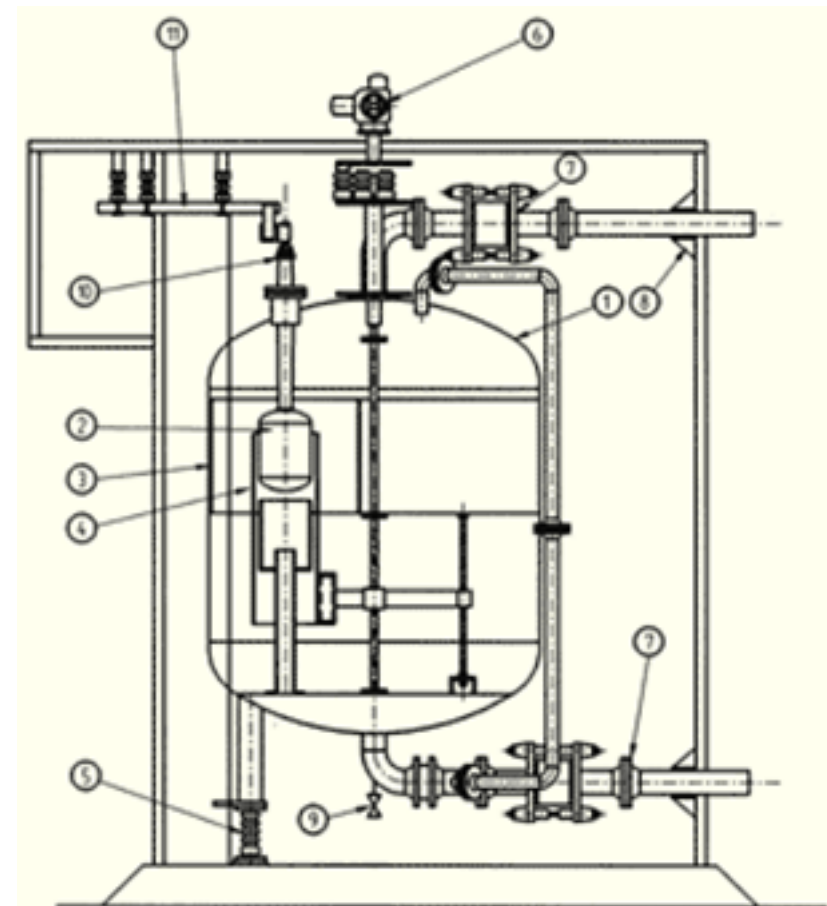
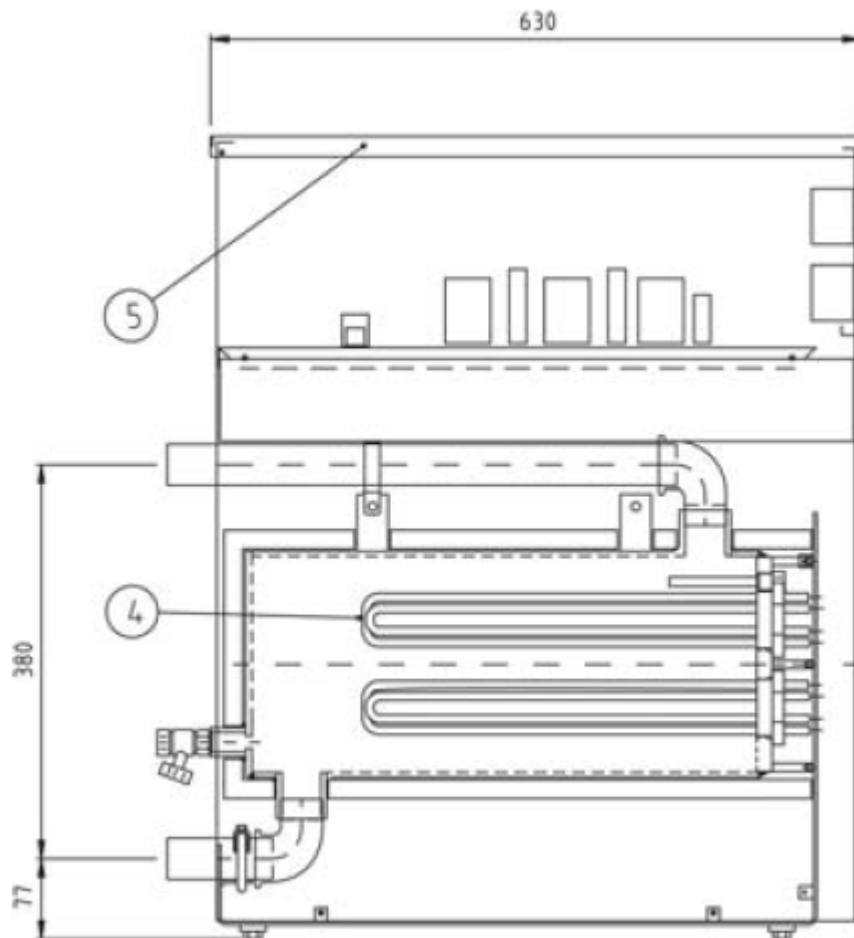
Workshop Dansk Fjernvarme 19. marts 2013



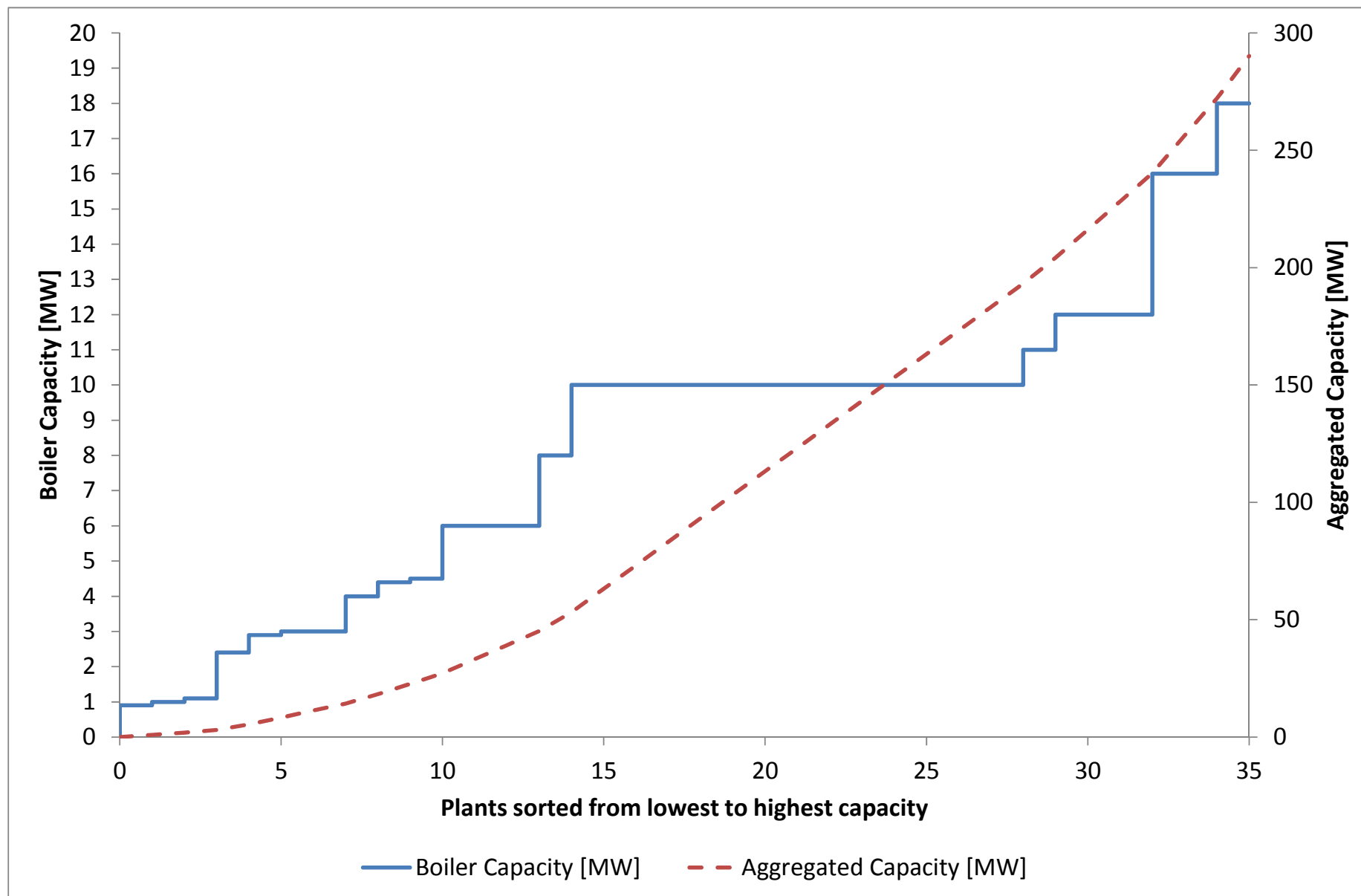
AALBORG UNIVERSITY
DENMARK



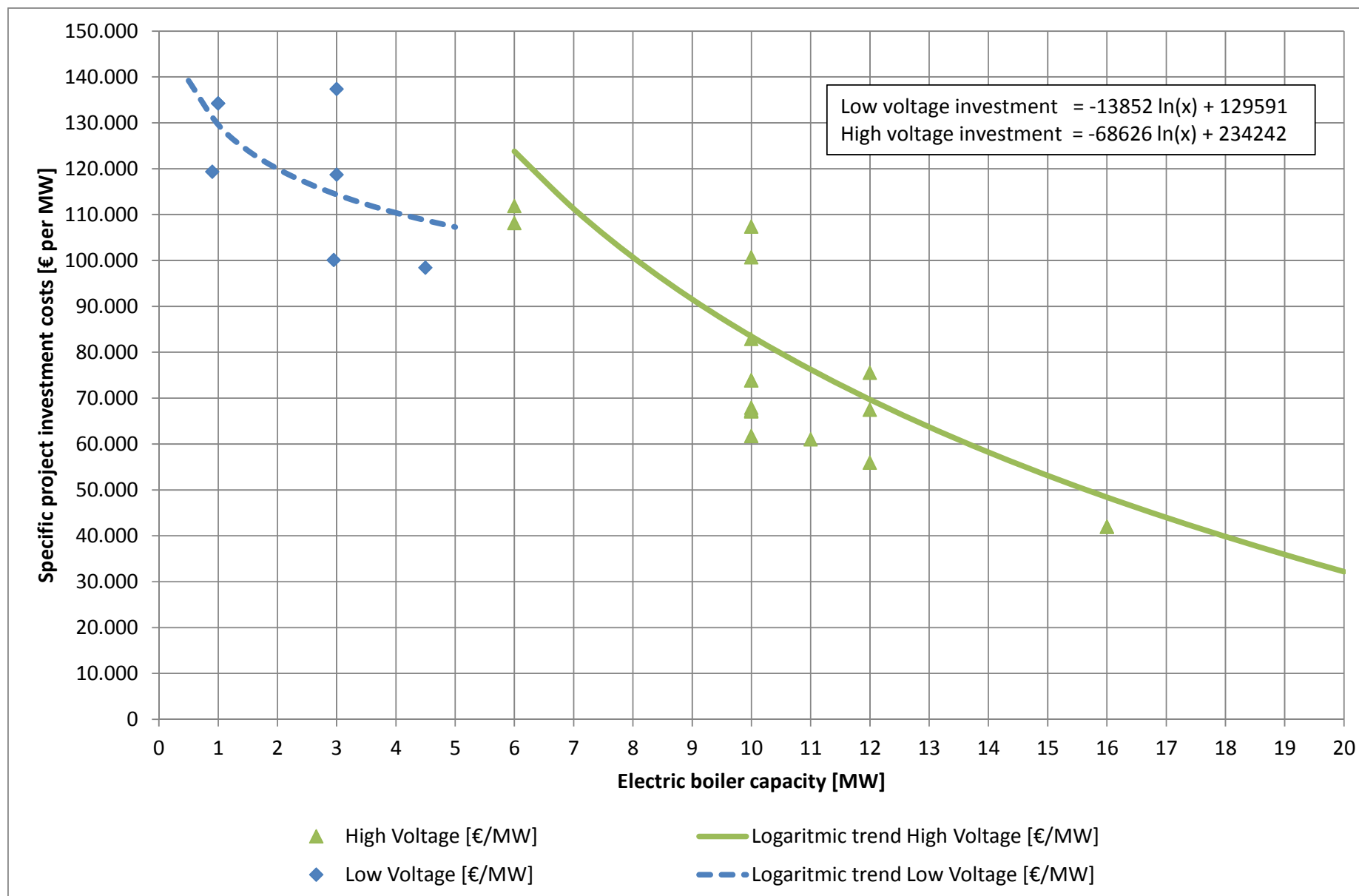
Lavspænding (400 V) og højspænding (10 kV)



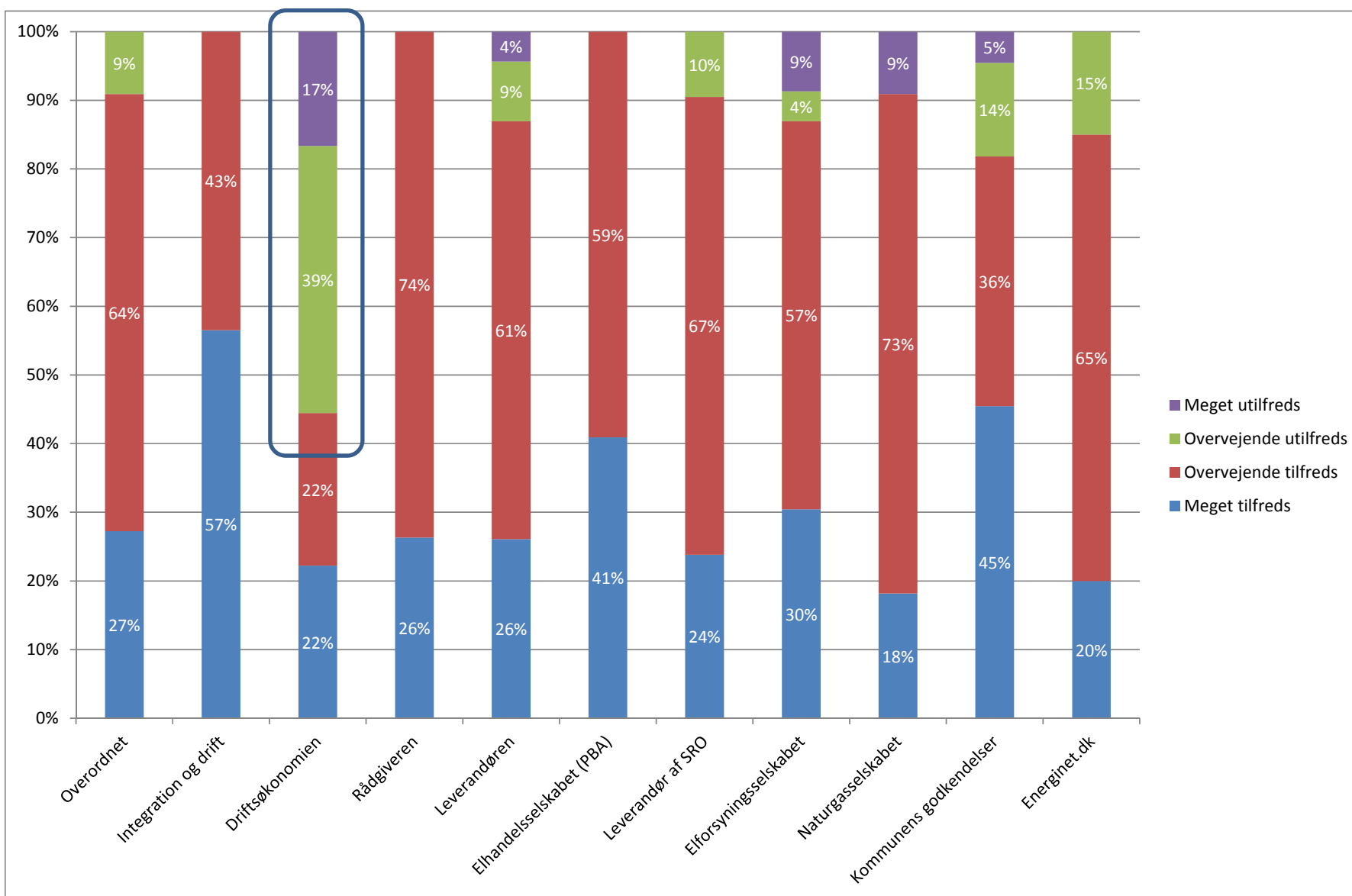
Fordeling på installeret kapacitet



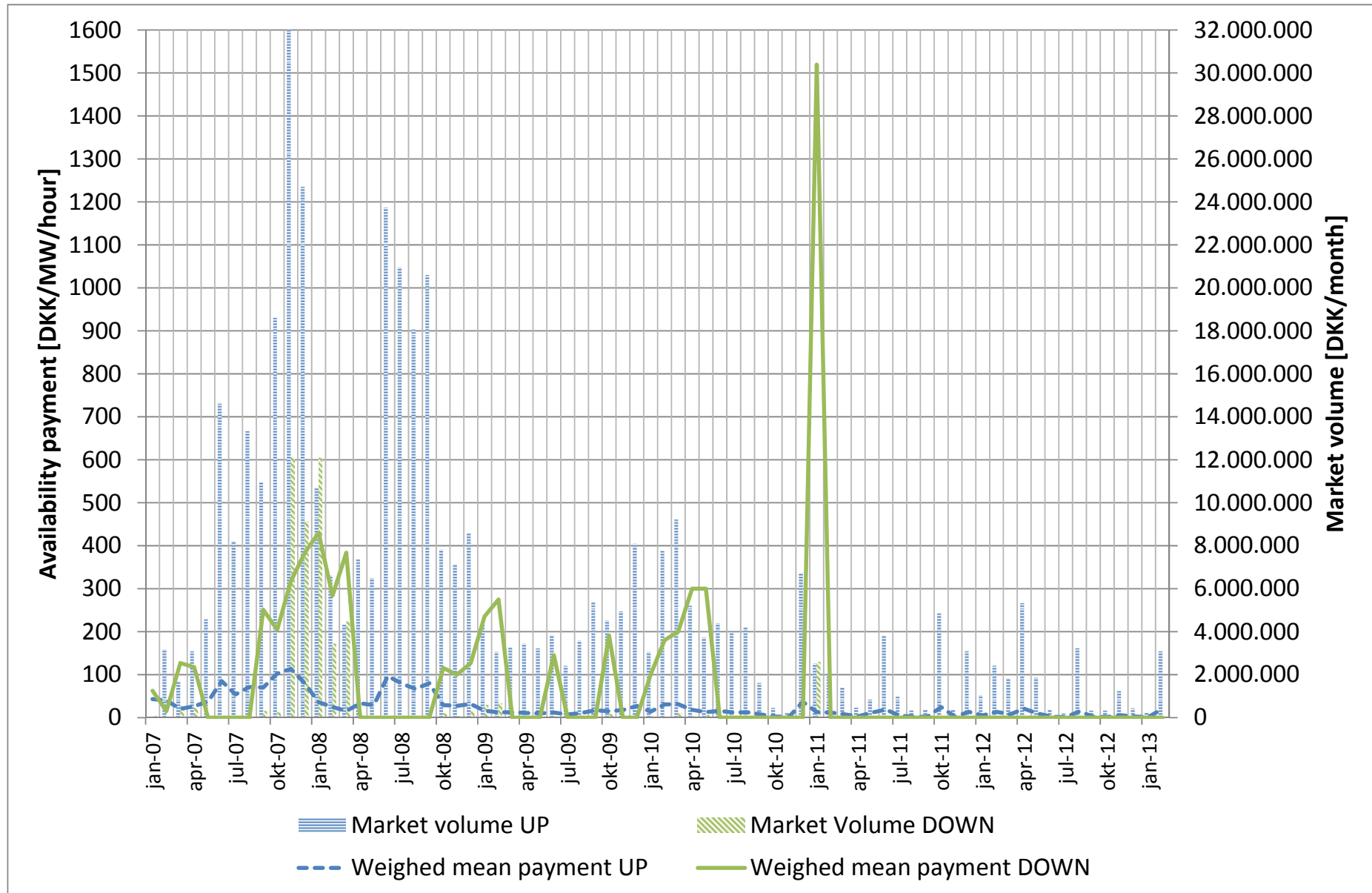
Investeringsomkostning per MW (samlet projektkostning)



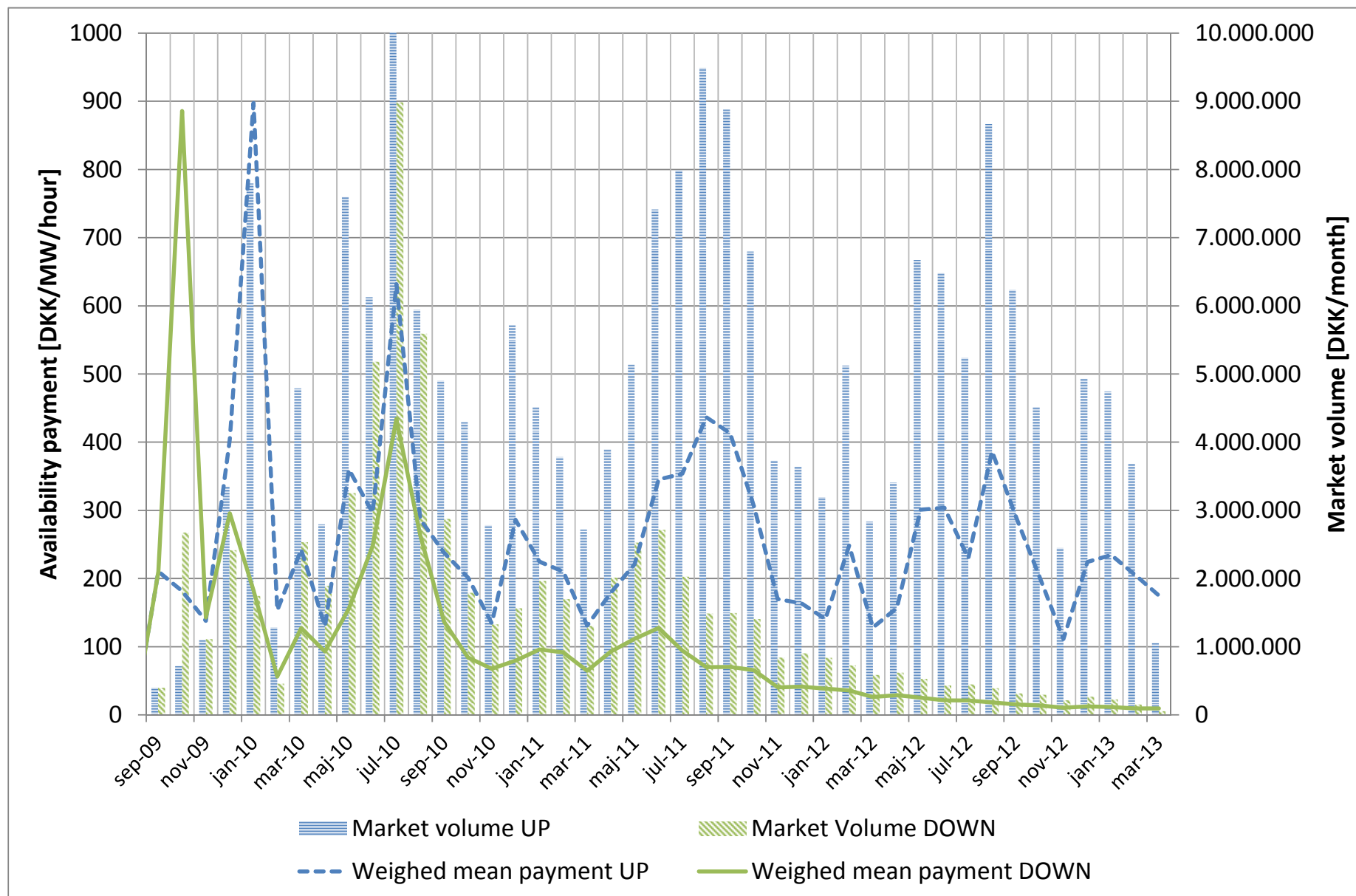
Tilfredshed



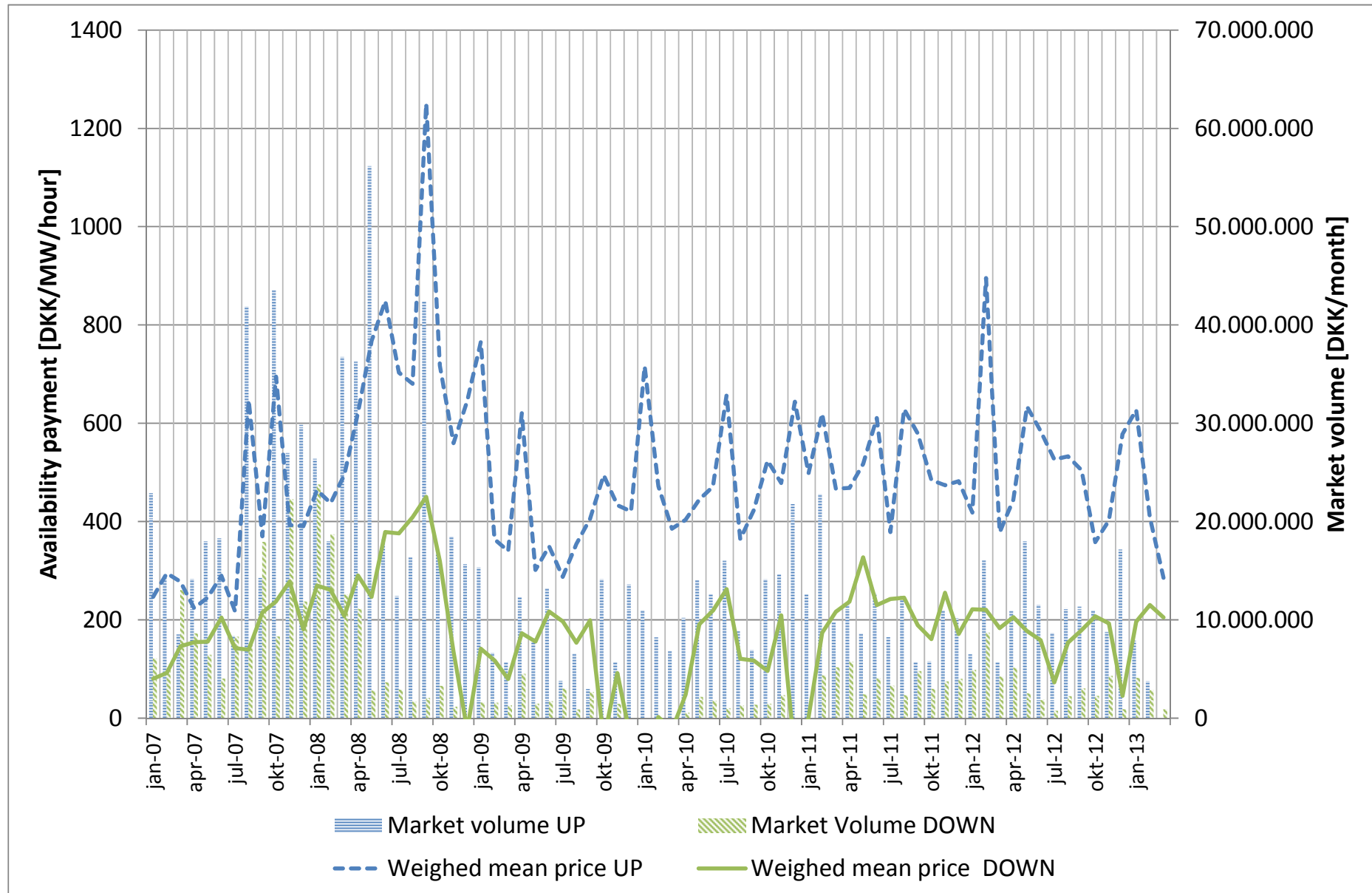
Manuelle reserver – vægtet månedssnit



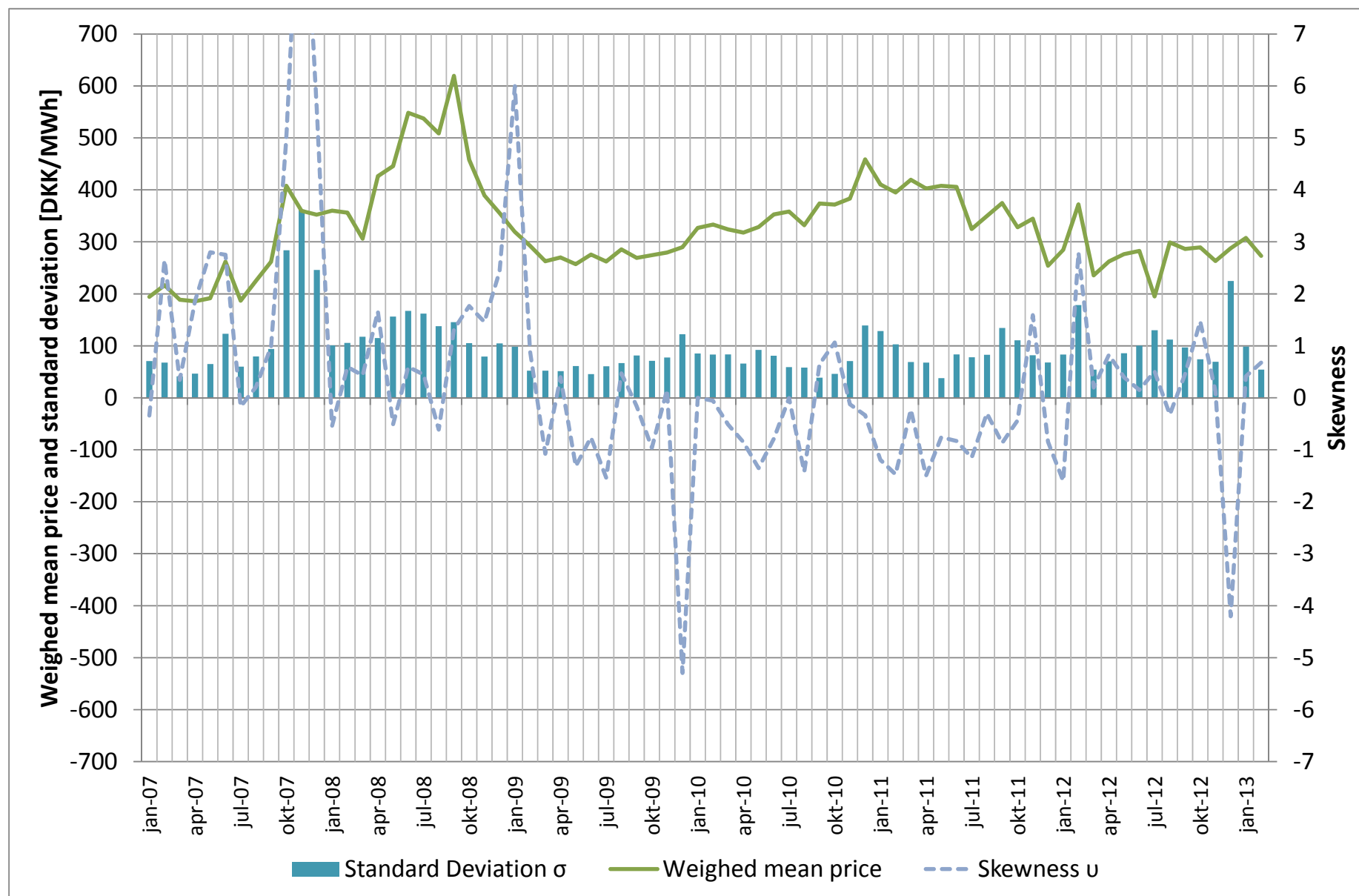
Frekvensmarked - primær regulering – vægtet månedssnit



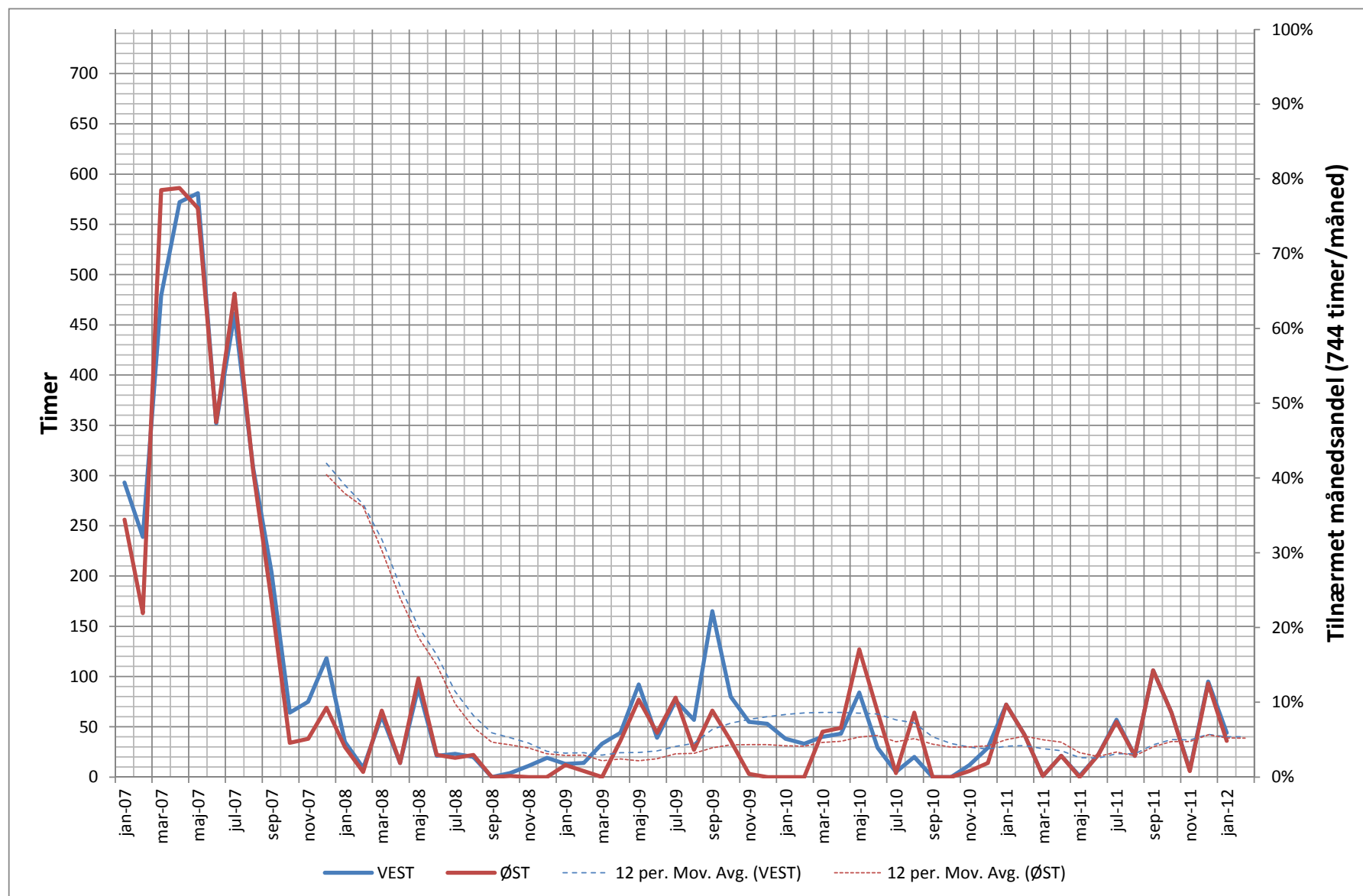
Balancemarked - sekundær regulering – vægtet månedssnit



Elsport og spredning 2007-2013 – vægtet månedssnit



Timer i måned hvor elkedel vinder



Varmepumper

Et alternativ til kraftvarme, ikke til
elkedel

Workshop Dansk Fjernvarme 19. marts 2013

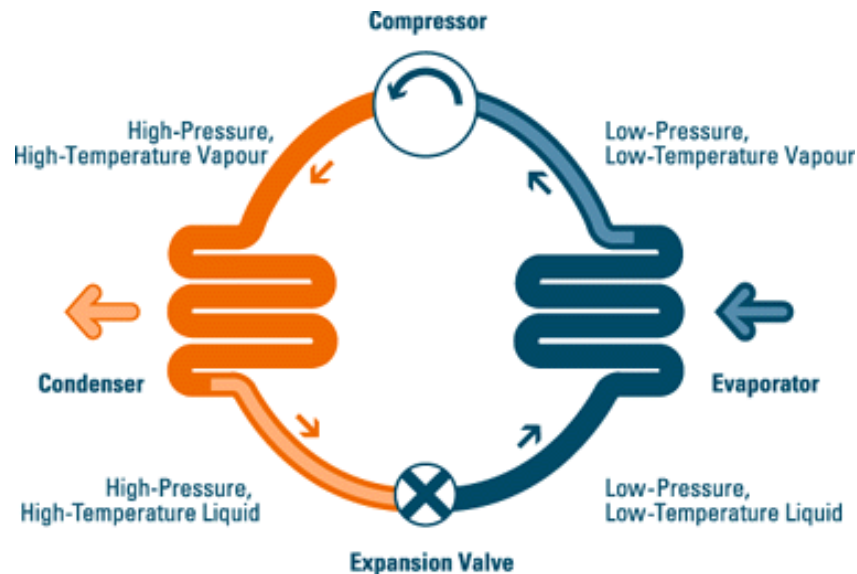


AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Funktionsprincipper: Kompression og absorption

Kompression

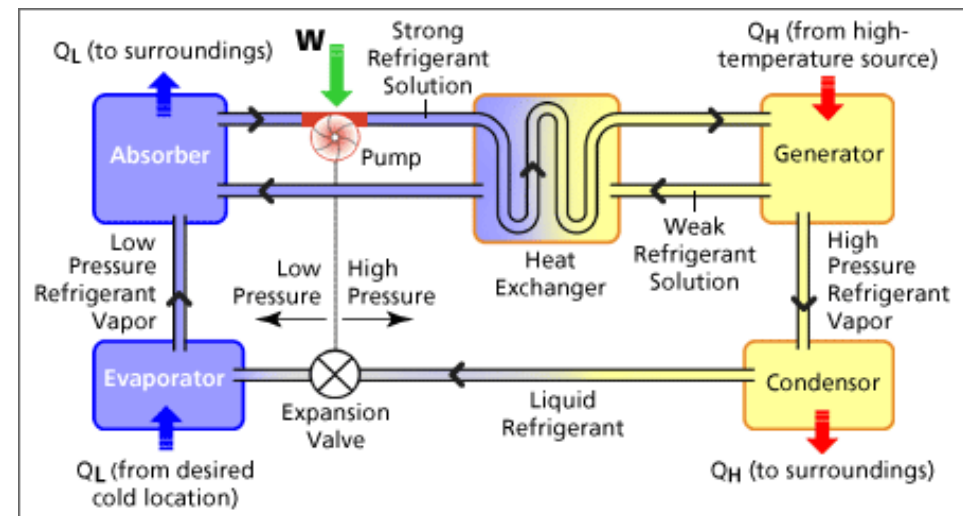
Drivmiddel: El



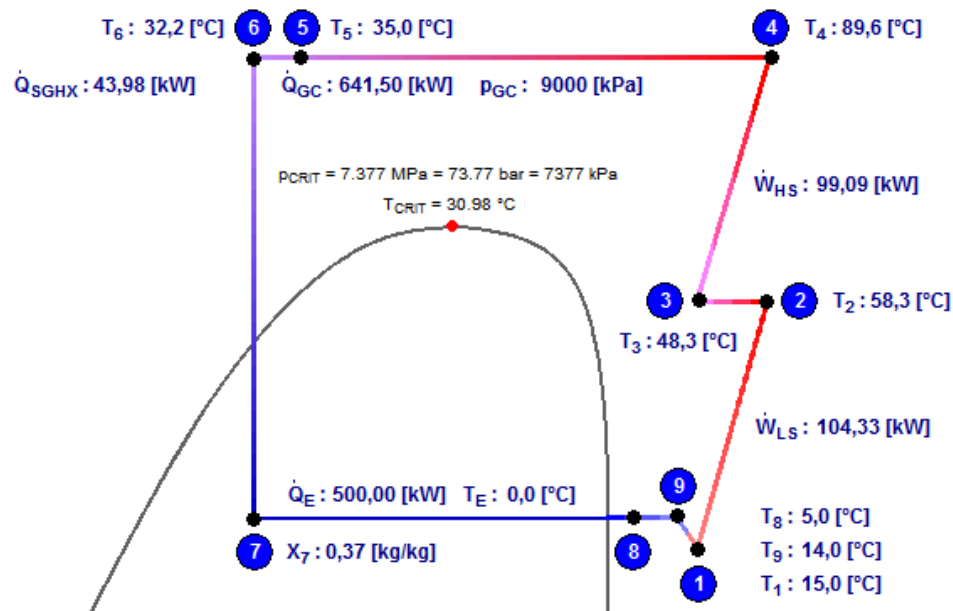
SmartGrid
READY

Absorption

Drivmiddel: Varme



SmartGrid
READY



KOMBINATIONEN AF LAV
FORDAMPNINGSTEMPERATUR
OG HØJ
AFGANGSTEMPERATUR KAN I
DAG LEVERES AF FLERE
ANLÆGSLEVERANDØRER

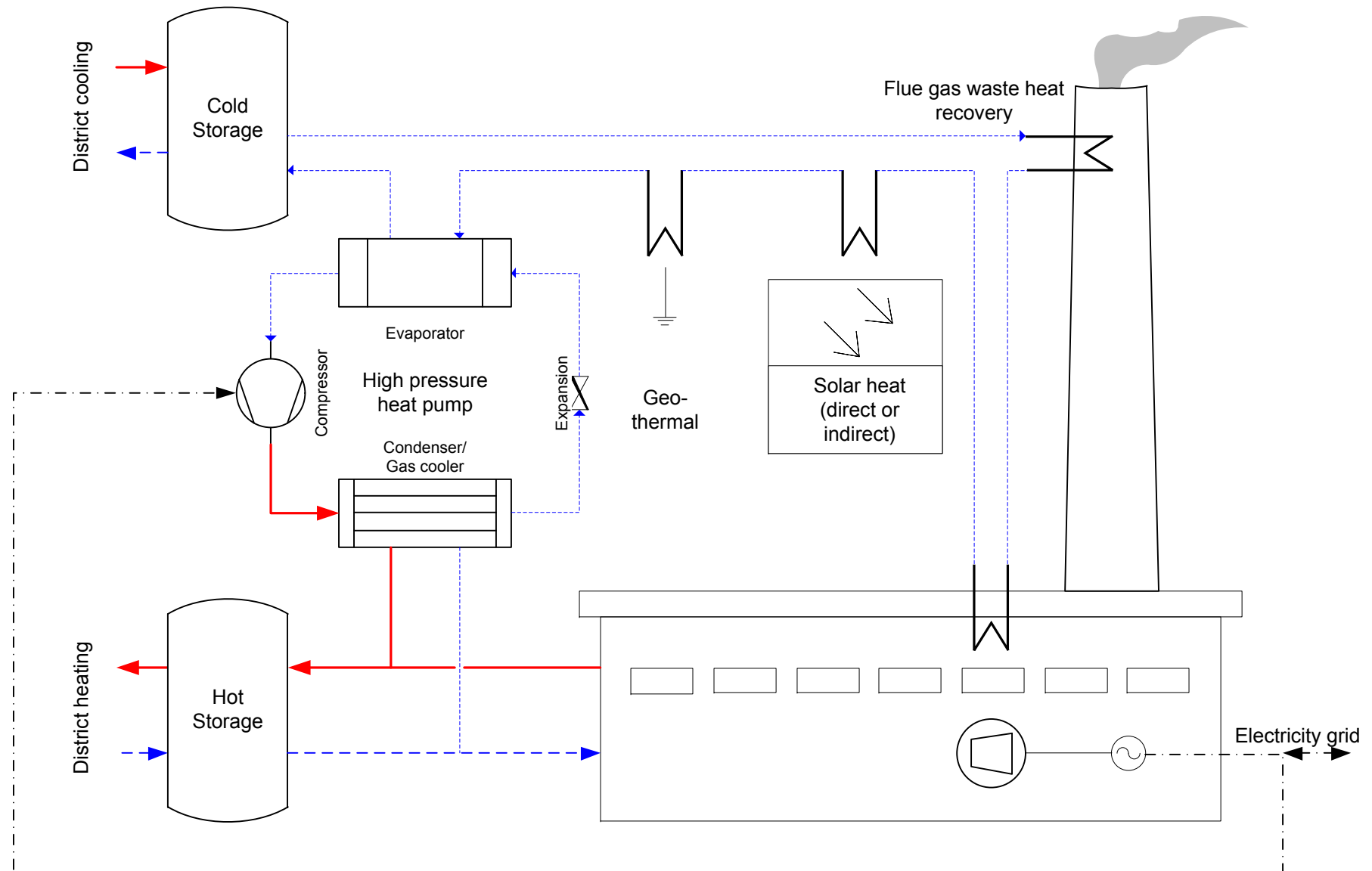
VI KAN VÆLGE MELLEM
KØLEMIDLERNE CO₂, NH₃,
NH₃/H₂O HYBRID OG
ISOBUTAN

DRIFTSKRAV GIVER
ANLEDNING TIL AT FORVENTE
EN COP ML. 2,5 OG 3,0

INVESTERINGSOMKOSTNING
MELLEM DKK 3 OG 4 MIO. PER
MW VARME INKL. VARMESIDE,
EXCL. KØLESIDE

PRODUKTIONSFORHOLD ML
KØLING OG VARME ER
KOMPLEKST OG AFHÆNGER
AF LØSNING.

Eldrevne varmepumpe konfigurationer



**NYE AFGIFTSREGLER
MARKERER ET MARKANT
FORBEDRET ØKONOMISK
GRUNDLAG FOR
VARMEPUMPEDRIFT.**

**TIDLIGERE VAR ALM. ELAFGIFT
BILLIGERE END
ELPATRONAFGIFT NÅR
VARMEPUMPENS COP VAR
OVER 3,5.**

**NU ER ALM. ELAFGIFT
BILLIGERE NÅR COP ER OVER
1,8**

**VARMEPUMPER SPARER
DERMED 29,5 ØRE/KWH-EL I
FORHOLD TIL VILKÅR FØR
DISSE AFGIFTSÆNDRINGER**

**EFFEKTIVE VARMEPUMPER
(HØJ COP) SPARER MEST**

Afgiftsbetaling (øre/kWh)	2013	2014
El	64,7	65,8
Energieffektivisering	6,5	6,6
Tillæg	6,2	6,3
Elspar	0,6	0,6
Eldistribution	4	4
I alt	82	83,3
Tilbagebetaling §11 stk. 3	41,3	42
Nettoafgift	40,7	41,3
Netbetaling (øre/kWh)	2013	2014
PSO*	17,4	17,4
Transmission	4,2	4,2
System	3,4	3,4
Distribution	2,6	2,6
I alt	27,6	27,6
Elomkostning (øre/kWh)	2013	2014
ENS elpris fremskrivning	36	36,7
Netto afgifts- og netbetaling	68,3	68,9
I alt	104,3	105,6

Teknisk-økonomisk datablad - højtryksammoniak

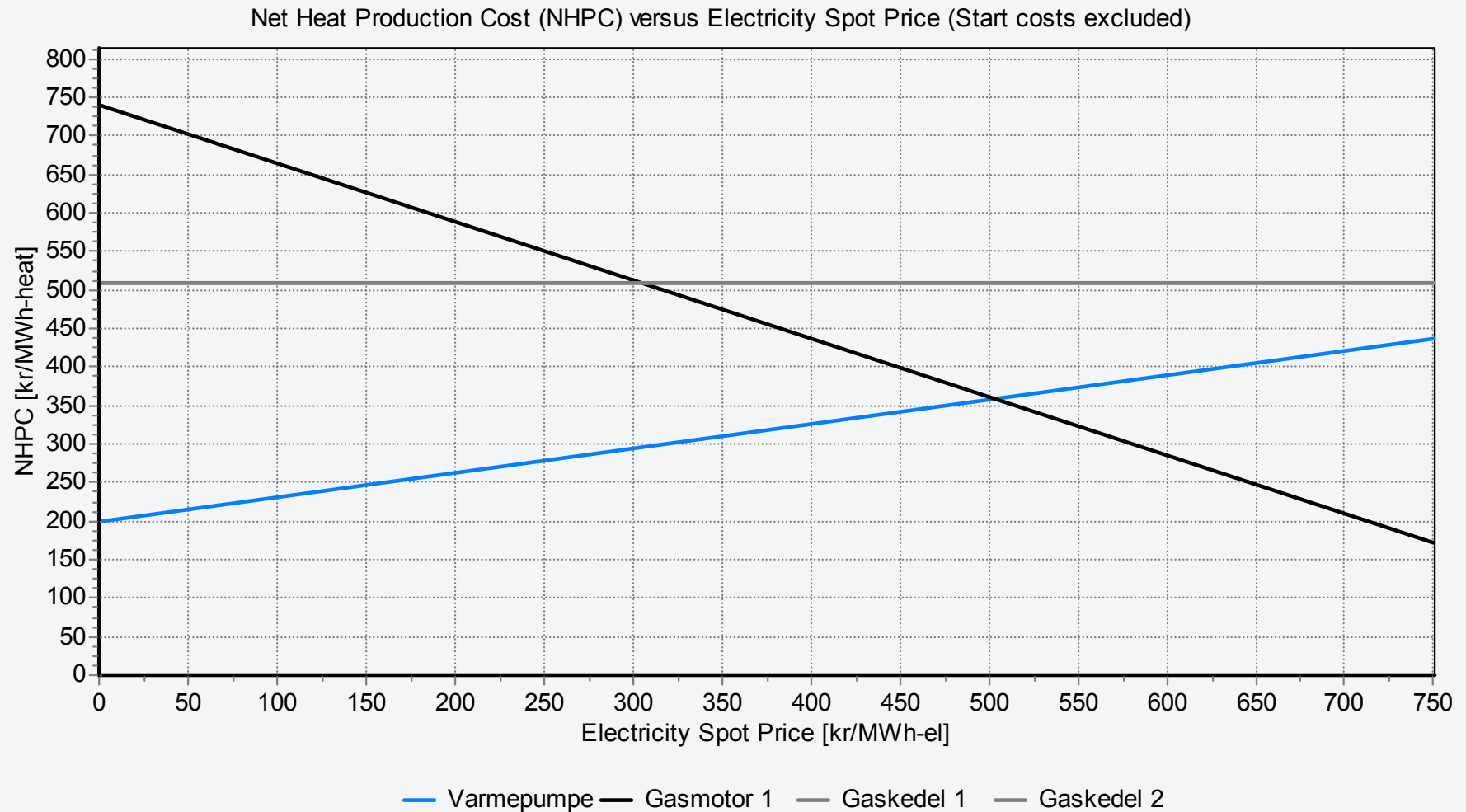
Højtryks NH₃

Parameter	Unit	2010	2020	2030	2050
Capacity	MW heat	0.5 to unlimited			
COP at +2°C	-	1.7 - 2.6			
COP at +8°C	-	2.7 - 3.3			
COP at +15°C	-	3.2 - 3.4			
COP at +30°C	-	3.5 - 4.5			
Investment	M€ per MW heat	0.5 - 0.6	0.4	0.4	0.3
Annual O&M	€ p.a.	2 – 3 % of investment		1 – 2 % of investment	

Varmeoptag

Heat source	Source temp.	Unit	2010	2020	2030	2050
Ground source ³	2 - 8°C	M€ per MW heat ⁴		1.0		
Sea/waste/ground water	0 - 15°C	M€ per MW heat ⁴		0.5		
Geothermal ¹	30°C per km	M€ per MW heat ⁴		0.7 per km		
Flue gas incl. Cold Storage. ²	25 – 60°C	M€ per MW heat ⁴		0.4		

Med elkedler på standby, vinder den eldrevne varmepumpe i 2013 drift under 45-60 øre per kWh spot -> grundlast (smart?)



Hvilken varmepumpe skal vi vælge?

Sammenligning af leverandører og løsninger

Workshop Dansk Fjernvarme 19. marts 2013



AALBORG UNIVERSITY
DENMARK



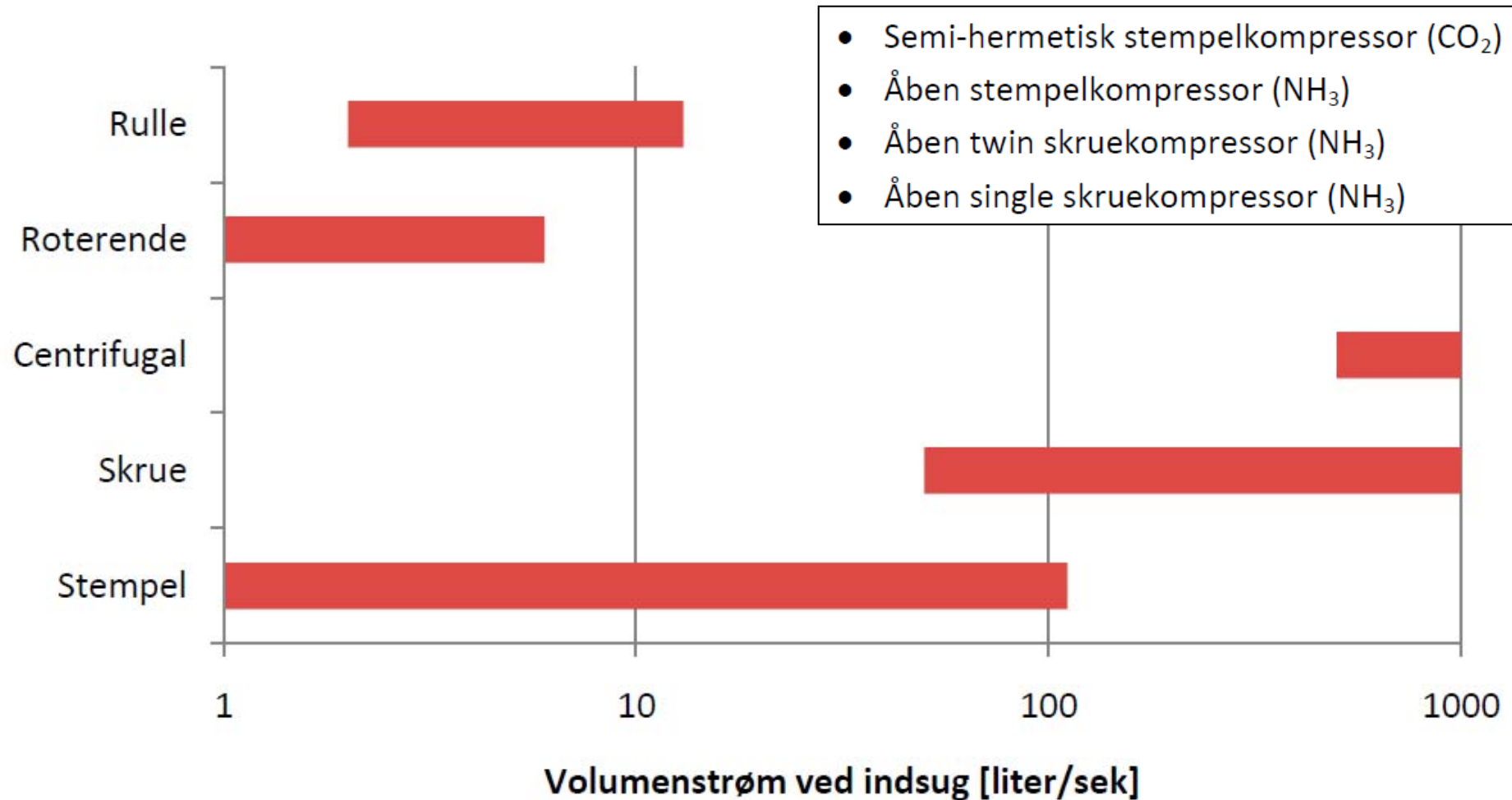
Leverandører Varmepumper



#	Link
1	Advansor
2	Sabroe / Johnson Controls
3	Munters
4	Cool Partners ApS
5	Industri-Montage Vest A/S
6	ICS Energy
7	Svedan Industri Køleanlæg A/S
8	Halicon

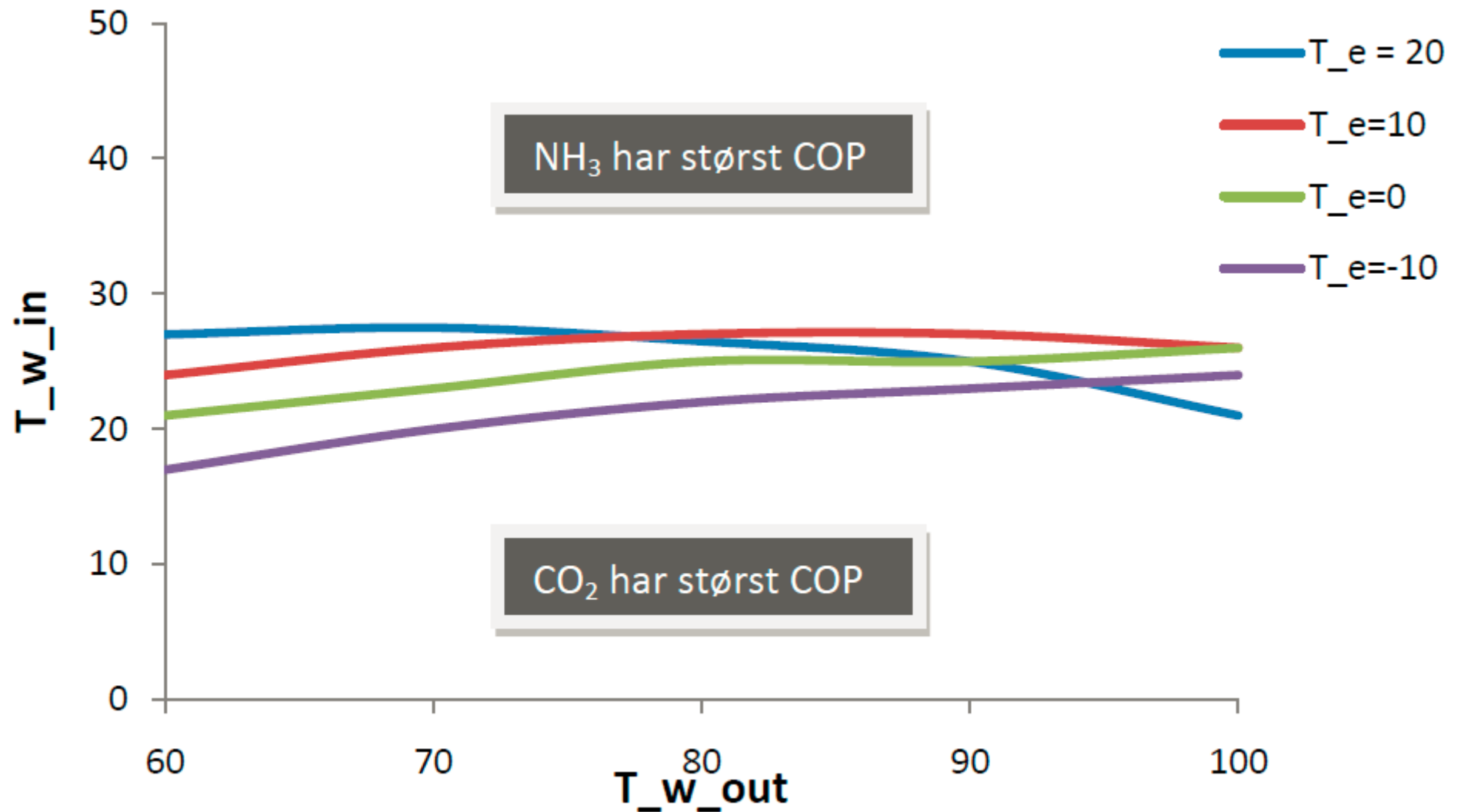


Kompressor sammenligning



Kilde: Industriel varmegenvinding med CO_2 - og NH_3 -baserede varmepumper
Michael Mølgaard Markussen og Stefan Wuust Christensen, DTU

COP sammenligning



Kilde: Industriel varmegenvinding med CO₂- og NH₃-baserede varmepumper
Michael Mølgaard Markussen og Stefan Wuust Christensen, DTU

Teknisk-økonomisk analyse og workshop

**Investerings, rentabilitet, risici, og
drift af eldrevne varmepumper i
lyset af markedsudviklingen på el
og gas**

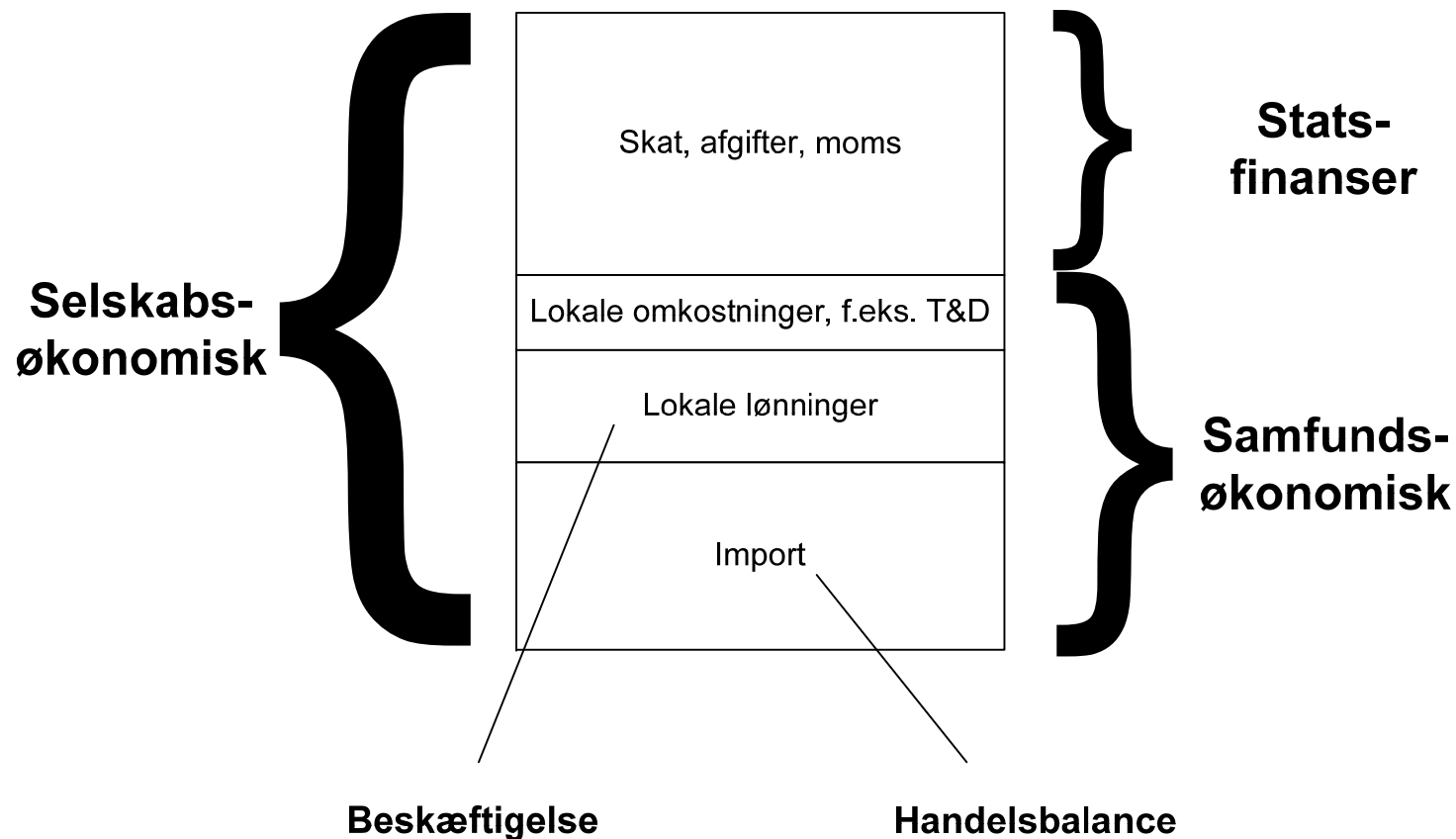
Workshop Dansk Fjernvarme 19. marts 2013



AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

SELSKABSØKONOMI = SAMFUNDSØKONOMI + STATSFINANSER

* I princippet



$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{B_t - C_t}{(1 + i)^t}$$

E.g. [€/MWh]

Excel functions

=NPV(rate;cashflow)

=PMT(rate;yrs,NPV)

=IRR(cashflow)

$$\text{Utility Cost Benefit} = \frac{NPV}{NPV \text{ of utility}}$$

E.g. [€/MWh]

$$\text{Levelized Payment} = NPV \frac{i}{1 - (1 + i)^{-t}}$$

E.g. [€/year]

$$\text{Internal Rate of Return} = i, \text{ for } NPV = 0$$

[%]

NPV: Net Present Value, T: Time (planning period), i: Interest rate, t: Time step within T

EKSEMPEL

Forudsætninger

- Investering 1 mio. kr.
- Levetid 20 år.
- Årlig besparelse på 100,000 kr

Spørgsmål

- Hvad er den simple tilbagebetalingstid?
- Hvad er nuværdien over 20 år, hvis vores forrentningskrav er 15%
- Hvad er den interne rente over 20 år?

HANDS-ON

NATURGASFYRET KRAFTVARMEVÆRK

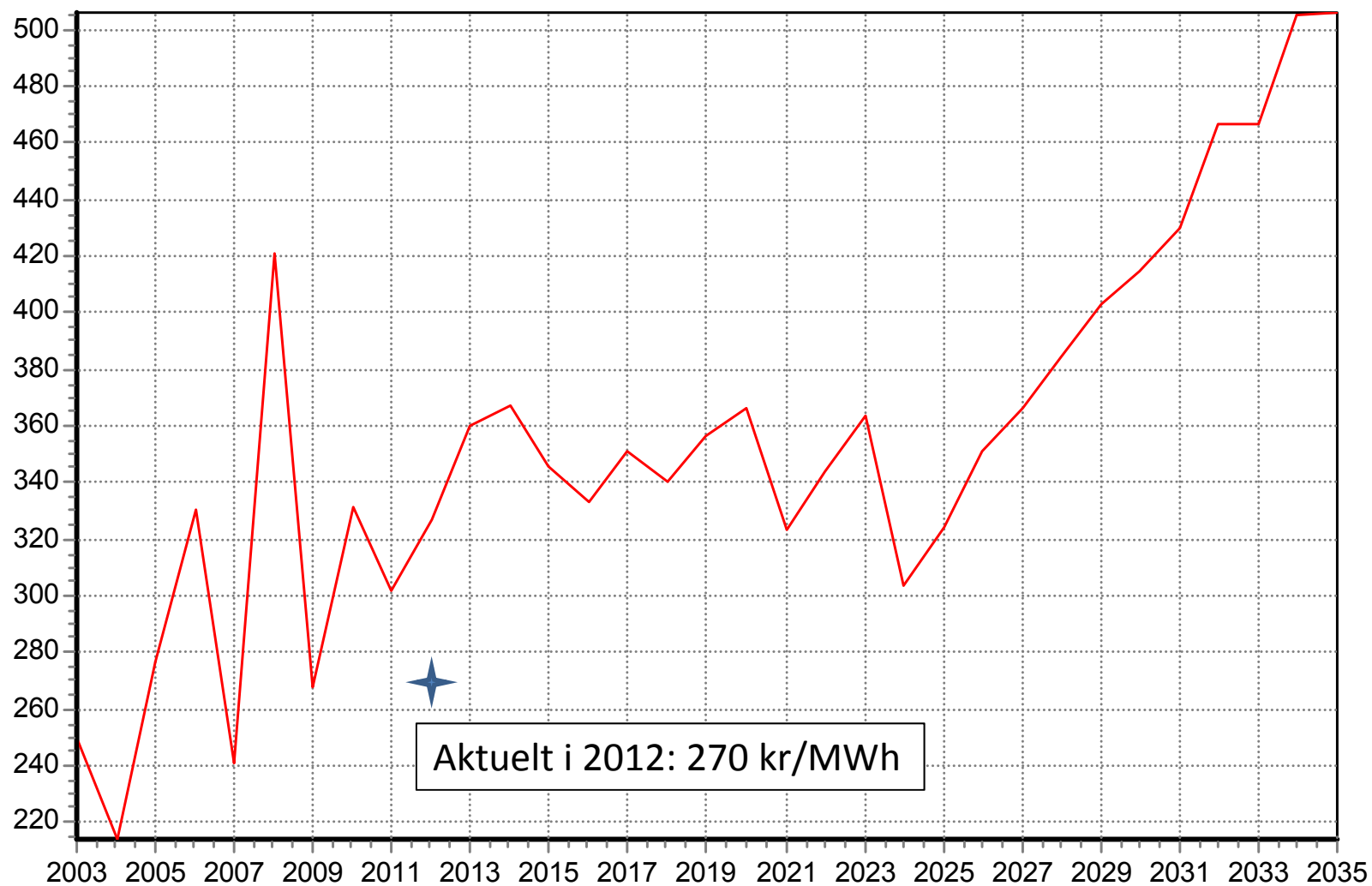
- Varmebehov 15 GWh/år (60% graddage afhængigt)
- 6 MW indfyret gasmotor (elvirkningsgrad 40%, varmevirkningsgrad 50%)
- 4 MW indfyret gaskedel (varmevirkningsgrad 95%)
- Varmelager 500 m³ ($\Delta T = 40^{\circ}\text{C}$)

MED VARMEPUMPE

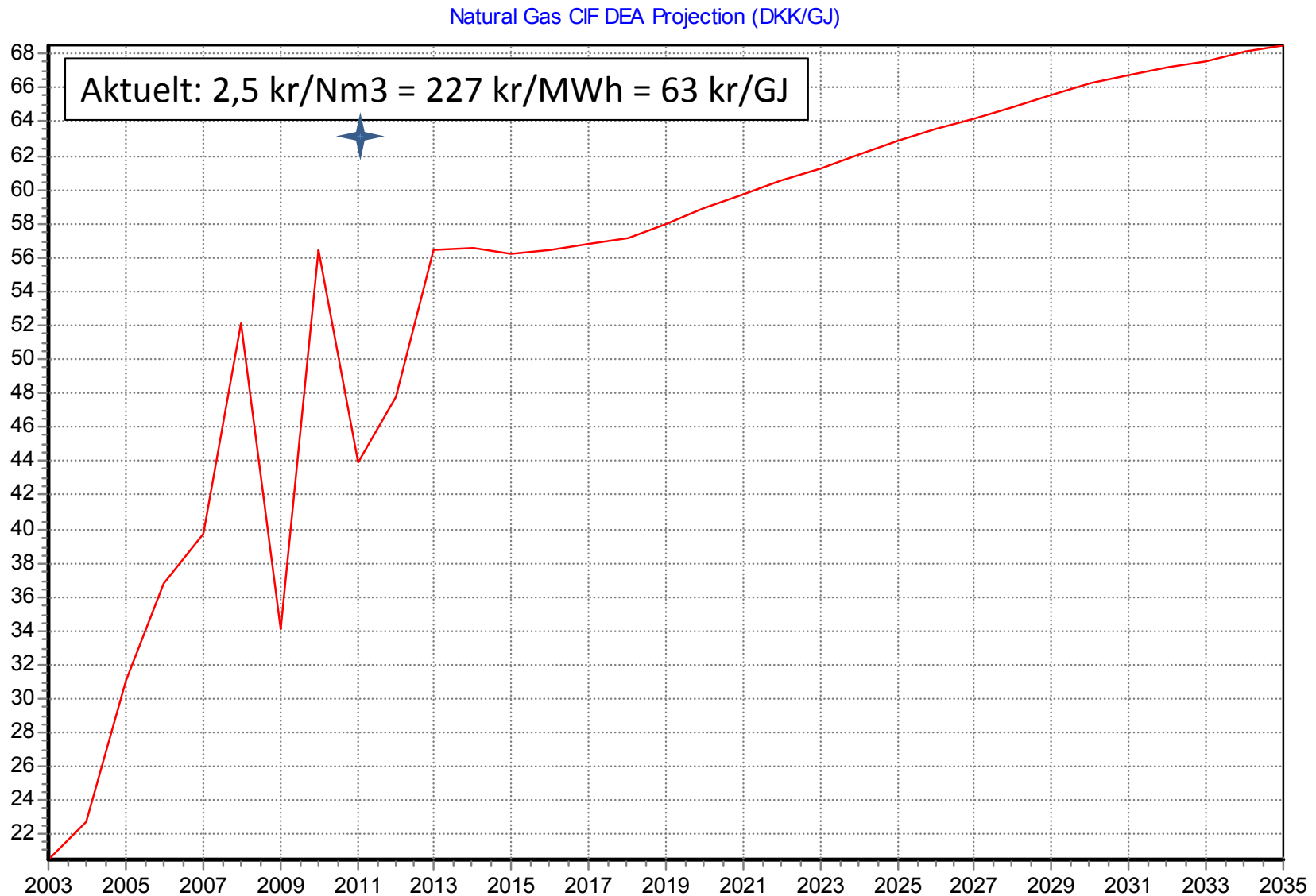
- Tilføj varmepumpe med de forudsætninger, I er blevet bekendt med, eller interesserede i

Fremskrivning af års-middel spot frem mod 2035

Elec. Spot Un-Weighed DEA Projection (DKK/MWh)

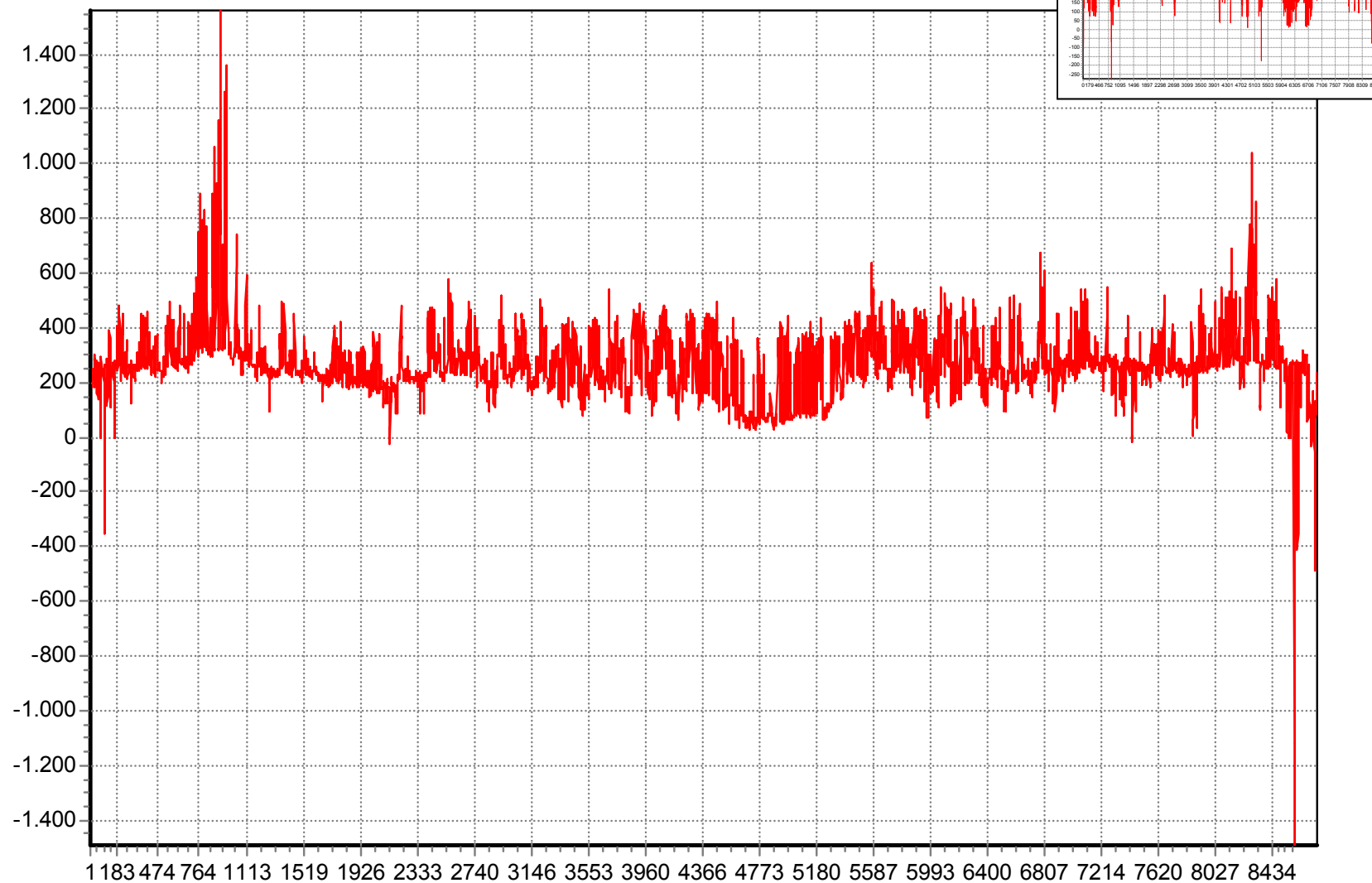


Fremskrivning af naturgaspris frem mod 2035



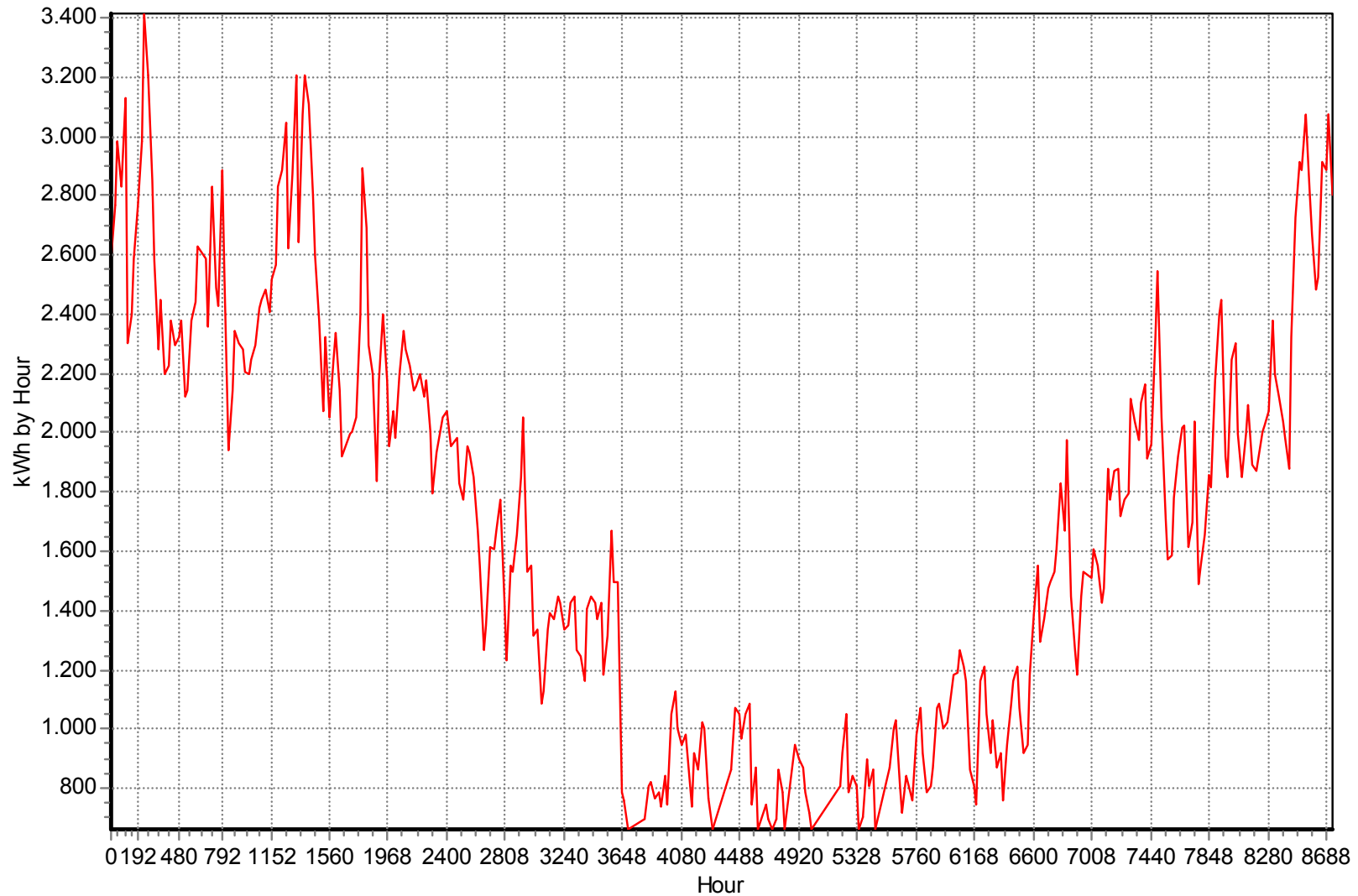
Spot marked varians i fremtiden?

Spot-DK-West-2012



Varmebehov/-produktion

Reference DH Demand From EnergyPRO Annual Demand Hourly Profile



ØVRIGE OMKOSTNINGER OG AFGIFTER 2013

Omkostninger

- a) Naturgas-transmissionsomkostning (DONG): 0,0586 kr/Nm³
- b) Naturgas-distributionsomkostning (f.eks. HEF): 0,2405 kr/Nm³
- c) For køb af el pålægges transmissions- og distributionsomkostninger (også ved egenproduktion): 220 kr/MWh

Afgifter

- a) Den nye forsyningssikkerhedsafgift giver en afgiftsstigning på 40 øre per Nm³ naturgas til rumvarmeformål: 2,795 kr/Nm³
- b) CO₂ afgift: 0,37 kr/Nm³
- c) NO_x afgift; Motor: 0,141 kr/Nm³, Kedel: 0,04 kr/Nm³
- d) Metan motor: 0,063 kr/Nm³
- e) Kedel-afgift iflg. Elpatronloven (ligeværdighed mellem brændsler) maks. afgift på 228 kr/MWh-varme (Justeres ?)
- f) *Elproduktionstilskud på 8 øre per kWh, maks. 640,000 kr/år*

Refrigerant	HFC	Natural		
		HCs	NH3	CO2
Global warming potential (GWP 100 years)	 1300-1900	 3-5	 0	 1
Toxicity				
Flammability				
Materials				
Pressure				
Availability				
Familiarity				

Konklusion

Workshop Dansk Fjernvarme 19. marts 2013



AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Konklusioner

- Elkedler har som forventet fundet indpas i kraftvarmen (ca. 300 MW) – men markedet er på standby
- Gode erfaringer med absorptionsvarmepumper har i kraftvarme og geotermi
- Kompressionsvarmepumper mangler fodfæste og er i virkeligheden snarere et alternativ til kraftvarme end til elkedler
- Varmepumper er kerneteknologi i komplekse og høj-optimerede energianlæg
- Ideel anvendelse af varmepumper er til kombineret varme og kuldeproduktion
- Positive driftsøkonomiske udsigter
- Danmark bør være på forkant med at høste erfaringer på Smart Grid teknologier, det tjener det decentrale og lokalt forankrede energisystems fremtid

