

CITIES paves the way for a fossil-free future



Henrik Madsen Technical University of Denmark







CITIES paves the way for a fossil-free future



Henrik Madsen^[1] and Olivier Corradi^[2] [1] DTU CITIES (smart-cities-centre.org) [2] Tomorrow (quantifyimpact.com)











Quote by B. Obama at the Climate Summit 2014 in New York:

We are the **first generation** affected by climate changes,

and we are the **last generation** able to do something about it!







Potentials and Challenges for renewable energy

- Scenario: We want to cover the worlds entire need for power using wind power.
- How large an area should be covered by wind turbines?







Potentials and Challenges for renewable energy

- Scenario: We want to cover the worlds entire need for power using wind power
- How large an area should be covered by wind turbines?
- Conclusion: Use intelligence
- Calls for IT / Big Data / Smart
 Energy/Cities Solutions/
 Energy Systems Integration



The Danish Wind Power Case

.... balancing of the power system

■ Wind power □ Demand

In 2008 wind power did cover the entire demand of electricity in 200 hours (West DK)

■ Wind power □ Demand

In 2016 more than 42 pct of electricity load was covered by wind power.

For several days the wind power production was more than 100 pct of the power load.

July 10th, 2015 more than 140 pct of the power load was covered by wind power

From large central plants to Combined Heat and Power (CHP) production

<u>Today</u>

From a few big power plants to many small **combined heat and power** plants – however most of them based on coal

DK has enough excess heat to cover the need for heating in large cities but ...

What has since been achieved:

De-coupling of consumption and GDP growth

How can we make a difference ?

Our personal carbon budget

Live CO2 emissions of the European electricity consumption

This shows in real-time where your electricity comes from and how much CO2 was emitted to produce it.

We take into account electricity imports and exports between countries.

Tip: Click on a country to start exploring \rightarrow

This project is Open Source: contribute on GitHub.

All data sources and model explanations can be found here.

🖪 Share 24K 💙 Tweet 🗱 Slack

Source: electricitymap.org

January 25, 2017 UTC+01:00

8:01 AM

3

Tomorrow

Carbon intensity

A very windy day in the Nordics

Electricity production I Carbon emissions by source

Last update: February 22, 2017 7:00 PM (2 months ago) source: entsoe.eu (add or edit source)

IE (4 hours ago) [source]

Carbon intensity: ■ 230 gCO2eq/kWh (32 % fossil fuels) Electricity price (day-ahead): ? €/MWh Electricity production (show emissions) by source:

그는 그는 그는 것은 것을 가지 않는 것을 많이 많이 많이 많이 많이 많이 많이 많이 없다.

The storage problem

Tesla Powerwall LCA

Total cost	3000 \$
Total energy produced over lifetime, see [0]	28,980 kWh
Total GHG emitted for production, see [1]	104,000 gCO2eq
Cost	0,10 \$ / kWh
Emissions	23 gCO2eq / kWh

CITIES

Assumptions, Goals and Methods

Energy Systems Integration in Smart Cities

Energy system integration (ESI) = the process of optimizing energy systems across multiple pathways and scales

Energy Systems Integration

The **central hypothesis** is that by **intelligently integrating** currently distinct energy flows (heat, power, gas and biomass) using **data intelligence** we can balance very large shares of renewables, and consequently obtain substantial reductions in CO2 emissions.

Intelligent integration will (for instance) enable lossless 'virtual' storage on a number of different time scales.

CITIES – Research Challenges

To establish methodologies and solutions for design and operation of integrated electrical, thermal, fuel pathways at all scales

CITIES – Concept Challenges

Energy Systems Integration using data and IT solutions leading to models and methods for planning and operation of future electric energy systems.

Smart-Energy OS

38	acow approach, but we are energy
39	# Try +n man and a get dor
40	require/marallelize anyway
	numcorec
15 ¹⁰ 1 ¹¹¹	mclannly/
2 ¹¹ 1111	* . 7 · N
	<pre>iwncuun(L,Oata) {</pre>
	<pre>httm:/pasce(1,/, 'N))</pre>
1 7	
10	i
] _ MITCH/daramer_add arus addagaaaaatt
13 :0	
) () 	
,	
)	
).)	aadatasnum readings[i] <- Length()

Virtual Storage or Flexibility Characteristics

Flexibility (or virtual storage) characteristics:

- Supermarket refrigeration can provide storage 0.5-2 hours ahead
- Buildings thermal capacity can provide storage up to, say, 5-10 hours ahead
- Buildings with local water storage can provide storage up to, say, 2-12 hours ahead
- District heating/cooling systems can provide storage up to 1-3 days ahead
- Gas systems can provide seasonal storage

How to reach a fossil-free society

Case study

Wastewater Treatment Plants

Waste-2-Energy

Energy Flexibility in Wastewater Treatment

Case study

Using swimming pools to store wind power

Share of electricity originating from renewables in Denmark Late Nov 2016 - Start Dec 2016

Source: pro.electicitymap.org

65% fossil origin

nest

State: economy

www.co2signal.com

8% fossil origin

State: heating

nest

www.co2signal.com

Ingenigren TEKNOLOGI * NATURVIDENSKAB * SAMFUND

MARKANTE FAGFOLK TIL POLITIKERNE:

Her er vejen til smarte energiafgifter

Prisen på energi skal afspejle, hvilken forurening den medfører. Det er nødvendigt for at fremme den grønne omstilling, mener en gruppe fagfolk bag nyt udspil.

ENERGIPOLITIK

Af Sanne Wittrup sw@ing.dk

Følg fysikken. Det er hovedprincippet i et forslag til en ny model for energiafgifter fra en perlerække af store danske virksomheder, forskningsinstitutioner og forsyningsvirksomheder.

Gruppen foreslår, at de enkelte brændsler skal pålægges en 'forureningsafgift', der afspejler, hvad det koster at neutralisere forureningen fra brændslet. Hvad enten det så er CO_2 , partikler eller svovl. Afgiften skal lægges på energien, når den går ind i værket, bilen eller fyret.

Samtidig skal også selve værket, bilen eller vindmøllen pålægges en afgift, der afspejler anlæggets miljøeffekt fra fremstilling til og med nedtagning i et livscyklusperspektiv - og hvad det koster at neutralisere denne effekt.

Ideen er så, at stærkt varierende forbrugerpriser på energi skal opmuntre forbrugerne til at flytte deres energiforbrug. Med forslaget blander fagfolk med indsigt i dynamikken i energisektoren sig nu i debatten om, hvordan fremtidens energiafgifter skal indrettes. En debat, som Skatteministeriet tog hul på her i sommer med et såkaldt 'fagligt oplæg' til en ny afgiftsmodel.

Gruppen mener, at en ny afgiftsmodel er helt nødvendig for at få fremmet et meget mere fleksibelt energiforbrug, som ifølge dem er nøglen til en effektiv grøn omstilling, og som vil kunne åbne for at realisere masser af innovative, danske styringsmodeller og systemløsninger på energiområdet.

Professor Henrik Madsen fra Institut for Matematik og Computer Science på DTU, der taler på vegne af gruppen, synes nemlig ikke, at Skatteministeriet har gjort sit arbejde færdigt, blandt andet fordi anbefalingerne ikke tager tilstrækkelig højde for dynamikken i energisystemet.

»Den rigtige omkalfatring af energiafgifter og -tilskud vil kunne bringe Danmark helt i front med fleksible løsninger og forretningsmodeller. Vi oplever, at både firmaer og private investorer står i kø for at komme i gang med at udvikle og demonstrere kommercielle løsninger, der kan udnytte strømmen, når den er grøn og billig ,« forklarer Henrik Madsen og understreger, at virksomhederne gør det, fordi de er overbeviste om, at de kan tjene store penge på at kunne udvikle og demonstrere løsninger i Danmark og senere tilbyde dem til andre lande.

Gruppen er dannet af deltagere i et stort forskningsprojekt ved navn 'Cities', hvor man har udviklet styringer og systemløsninger til forskellige elementer i fremtidens intelligente og integrerede energisystem.

Disse demonstrationsprojekter har vist, at der rent teknisk findes mange muligheder for at integrere store mængder vind- og solenergi, hvis man på en intelligent måde kan udnytte den dynamik og fleksibilitet, der er i et energisystem, hvor produktion og forbrug af el, varme,

ELPRISEN SKAL VÆRE DYNAMISK

I dagens elpris er afgifter og tariffer faste, og kun selve elmarkedsprisen varierer. I den nye afgiftsmodel vil størstedelen af prisen kunne variere, da afgifterne skal variere på de brændselstyper, der kan levere strømmen.

vand, affald og transport er tænkt

Danfoss er en af virksomheder-

ben Funder-Kristensen peger på, at

Danmark har en unik mulighed for

at udvikle disse nye løsninger, fordi

vi har teknologien, knowhow og en moderne og samarbejdsvillig forsy-

»Men vi har kun et vindue på fem

til ti år, før andre lande kommer ind

få omlagt energiafgifterne, der reelt

dræber mange demonstrationspro-

jekter. Vi kan ikke vente!« siger han.

Professor i ressourceøkonomi

på KU Peder Andersen – som sid-

og tager over, så det haster med at

ne bag den nye model. Leder af

Danfoss' eksterne aktiviteter Tor-

sammen.

ningssektor:

der i referencegruppen for Skatteministeriets afgiftsrapport – finder, at gruppens afgiftsforslag ser interessant ud, men at det samtidig er lidt svært at gennemskue, om de økonomiske incitamenter rammer rigtigt:

»Når man primært lægger afgift på input af brændslet, risikerer man, at der ikke er incitamenter for virksomhederne til at undgå forurening, f.eks. ved at rense effektivt eller bruge ren teknologi. Det går imod korrekt økonomisk tænkning,« siger han.

Samtidig påpeger han, at den foreslåede afgift på selve produktionsanlæggene kan blive en meget tung ordning at administrere.

»Det vigtige er jo, at der gives klare økonomiske incitamenter til, at både økonomien og miljøet tilgodeses,« siger han.

Det nye forslag er baseret på møder og diskussioner med markante personer fra Danfoss, Grundfos, Kamstrup, Dansk Fjernvarme, Eniig, AffaldVarme Aarhus, Teknologisk Institut, DTU, KU, Project-Zero og Aarhus Kommune.

I den kommende tid vil gruppen gå videre med sit forslag til de relevante ministerier og har allerede en aftale i Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet. ■

LÆS SIDE 4-5

18. AUGUST 2017 33

Discussion

•	Intelligent Energy Systems Integration can provide virtual storage solutions (less need for physical storage)
۲	District heating (or cooling) systems can provide flexibility on the essential time scale (up to a few days)
۲	Energy Efficiency or Emission Efficiency ?
۲	We have enough waste heat to cover the need for heating (but !)
۲	Gas systems can provide seasonal virtual storage solutions (but !)
	We see a large potential in Demand Response. Automatic solutions, price based control, and end-user focus are important
•	We see large problems with the tax and tariff structures. Coupling to prices for carbon capture could be advantageous.
•	Markets and pricing principles need to be reconsidered; we see an advantage of having a physical link to the mechanism (eg. nodal pricing, capacity markets)

Discussion (2)

- Smart Cities is a part of a Smart Society
- CITIES and Tomorrow have a number of low carbon solutions ...
 - It is our impression that by intelligent energy systems integration we could rather easily obtain a fossil-free society, however
 - We need stronger decision makers ...

Thanks for your attention !

