



DANISH  
TECHNOLOGICAL  
INSTITUTE

# Intelligente værktøjer til overvågning af fjernvarmenettet

Jakob Fester, konsulent, Teknologisk Institut (TI)  
Temadag - 12. sept. 2019, Aarhus

[jafe@teknologisk.dk](mailto:jafe@teknologisk.dk)





TEKNOLOGISK  
INSTITUT

## Byggeri og Anlæg

## Agrotech

## DMRI

## Energi og Klima

## Erhvervsudvikling

## Materialer

**Metrologi**

Jakob Fester  
Konsulent, ph.d., cand. sci...  
JAFE +4572202962

Henrik Kjeldsen  
Seniorprojektleder, dr.scient.  
HKJE +4572202909

Jan Nielsen  
Sektionsleder  
JNN +4572201236

Peter Friis Østergaard  
Seniorspecialist, ph.d., civ....  
PEO +4572201688

- Målesikkerhed
- Kalibrering
- (Data)Validering



NYHED



Foto: Nanna Skyttte



## Telefonerne kimer hos landets erhvervshuse: Danske virksomheder efterlyser hjælp til digitalisering

Danske virksomheder giver i stor stil udtryk for, at de har brug og vejledning, når det kommer til at komme godt igang med digitalisering. Det viser en rapport fra Dansk Industri. Hos Erhvervsrådgivning Midtjylland genkender man billedet.

Steffen Villadsen, @SteffenVilladse

2. sep 2019 17:00

NYHED STRATEGI

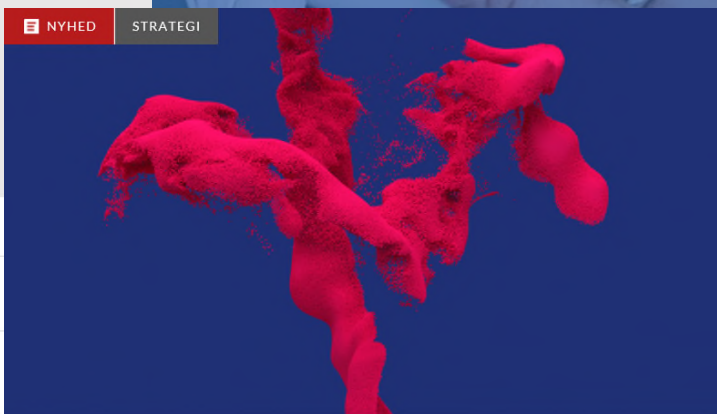


Foto: Digital Hub Denmark



## Digital Hub Denmark tilbyder starthjælp til virksomheder med AI-ambitioner

Støtte for 500.000 kr. kan virksomheder få fra Digital Hub Denmark for at lave deep learning-projekter.

Magnus Boye, @magnboye

3. sep 2019 04:21



TEKNOLOGISK  
INSTITUT

"... I er ikke så langt fremme."

– Lars Frelle-Petersen, direktør, Dansk  
Industri

BRANCHEMØDE I FJERNVARMEN

# STEP UP !!!

## Hvad er fjernvarmens næste skridt på den DIGITALE rejse?

Branchemøde i fjernvarmen med netværk og middag  
**Torsdag den 5. september 2019 kl. 9.30-21.00**

FORMIDDAG KL. 9.30 – 12.15 SITE VISIT PÅ NORDHAVN

EFTERMIDDAG KL. 13.30 – 18.00 KONFERENCE PÅ BLOX KØBENHAVN

MIDDAG KL. 18.00-21.00

### KOM OG FÅ SVAR PÅ:

- om den digitale tidsalder kan sikre din virksomhed agilitet og større konkurrencedygtighed
- hvad teknikken bag selvlærende algoritmer er for noget og
- hvordan det bl.a. forholder sig med ejerskab, misbrug og knowhow ved brug af big data.

Branchemødet indledes med en præsentation af Nordhavn-projektet, der anvender de nyeste teknologiske løsninger for at sikre grønne løsninger til Nordhavns beboere. Dernæst fortsætter dagen på BLOX, hvor temaet er digitalisering.

### NORDHAVN, ENERGYLAB NORDHAVNS SHOWROOM, SUNDKAJ 7, 2150 NORDHAVN

Registrering og morgenkaffe

Præsentation af Nordhavn-projektet, guidet rundtur med tre energistop v/HOFOR, ABB, DANFOSS

BLOX, BRYGHUSGADE, 1473 KØBENHAVN K

12.45-13.30 FROKOST

DEN DIGITALE TRANSFORMATION OG DENS BETYDNING FOR ENERGISEKTOREN



# Til rådighed...

Vejrdata



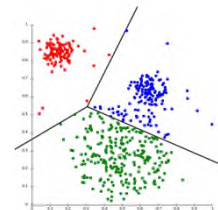
Prisudvikling



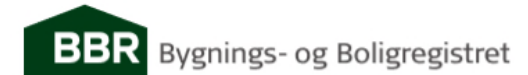
Målerdata



Supplerende målinger



Analytiske metoder



Optimering

- Daglig drift
- Energieffektivitet
- Økonomi
- Produktion og planlægning
- Renoveringsarbejde
- ...



# To fjernvarme-projekter - mål og vinkel:

At tilbyde velafgrænsede digitale værktøjer så forsyninger kan

- Gøre sig deres første og **uforpligtende erfaringer med udnyttelse af målerdata**
- "Bevise" **potentialet** i digitale værktøjer
- Medvirke til opbygning af erfaringer og faglig viden om brug af **data og intelligente algoritmer**



"Smart Fjernvarme"



Horizon 2020  
European Union Funding  
for Research & Innovation



# Projekt "Smart Fjernvarme"

Formål:

- Effektivisering hos mandskab
- Energieffektivisering ved forbedring af installationer
- Udbedrede installationer -> kundetilfredshed og mere målrettet servicearbejde





# Forsyningsdata

## Middelværdier

## Øjebliksaflæsninger

	Akkumu- leret for- brug + flow	Akkumu- lerede temp.- vægtede flows	Temp. Frem/re- tur (mid- del)	Temp. Frem/retur (punktaf- læsninger)	Flow, l/h (punktaf- læsninger)	Effekt, kW (punktaf- læsning- er)	Antal målere	Periode
AVA	X (time)	X (time)	X (time*)				56.000	1-2 år
Frederi- cia	X (døgn)	X (døgn)	X (døgn)	X (døgn)	X (døgn)	X (døgn)	9.663	1 år
Horsens	X (time)			X (time**)	X (time**)		11.124	1 år
Helsin- gør	X (døgn)	X (døgn)	X (døgn)				14***	1 år



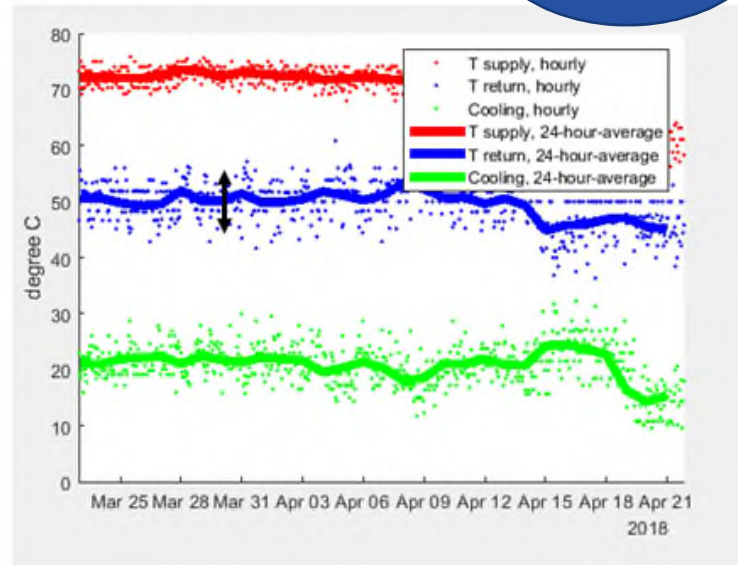


# Dataformat og kvalitet

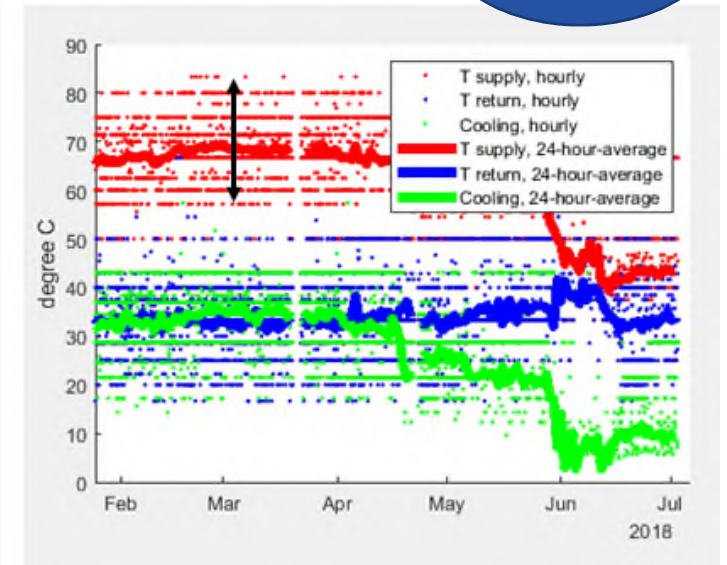
Eksempel:

- 2 installationer
- Time/døgn-værdier for middeltemperaturer sammenlignet

Højt  
forbrug



Lavt  
forbrug





# Tidsopløsning

- Middelværdier på døgnbasis

	Timeværdier	Døgnværdier
Komplethed	Ofte en høj procent af datapunkterne mangler	Kun få manglende datapunkter
Synkronisering af data	Tidsstempler kan kompromittere synkronisering mellem enkelte målere og begrænse anvendelsen af bestemte analysemetoder	Let at synkronisere data ud fra dato
Beregningshastighed	Den totale mængde af data kan betyde væsentlig beregningstid	Relativt lille mængde af data stiller ikke store krav til særlig beregningskapacitet og muliggør opskalering til at inkludere samtlige målere hos mellemstore (og større) forsyninger.
Tilgængelighed	Ikke alle forsyninger har logget historiske timeværdier	Døgnværdier kan antages at være tilgængelige hos langt de fleste forsyninger med fjernaflæsning
Diagnosticeringsmuligheder	Gode muligheder for detaljeret diagnosticering af fejl og kortlægning af daglige forbrugsmønstre	Begrænsning i diagnosticeringsmuligheder. Dog mulighed for efterfølgende at visualisere med timeværdier hvis disse er tilgængelige.

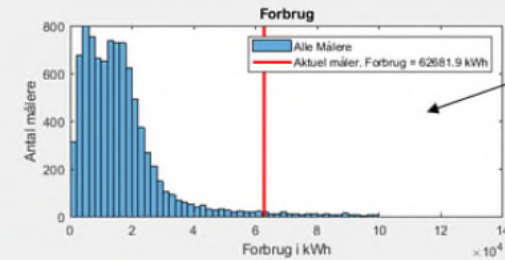
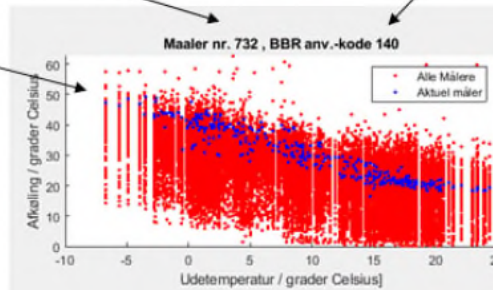


# Én måler:

Anonymiseret måler-nr.

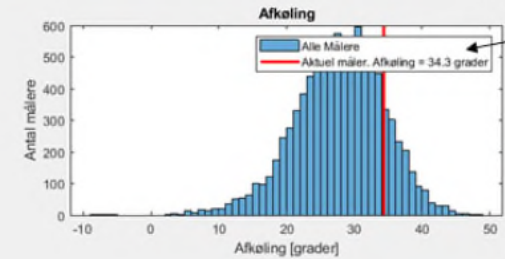
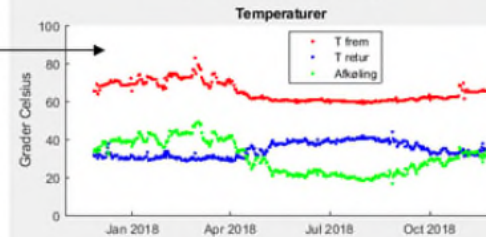
Bygn. anvendelse

Afkøling som funktion af udetemperaturen ("temperatur-respons-kurve")



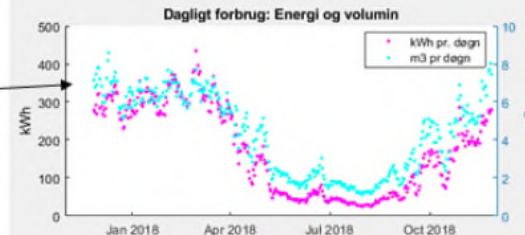
Forbrug over perioden samt fordeling for samtlige målere

Vandtemperaturer og afkøling



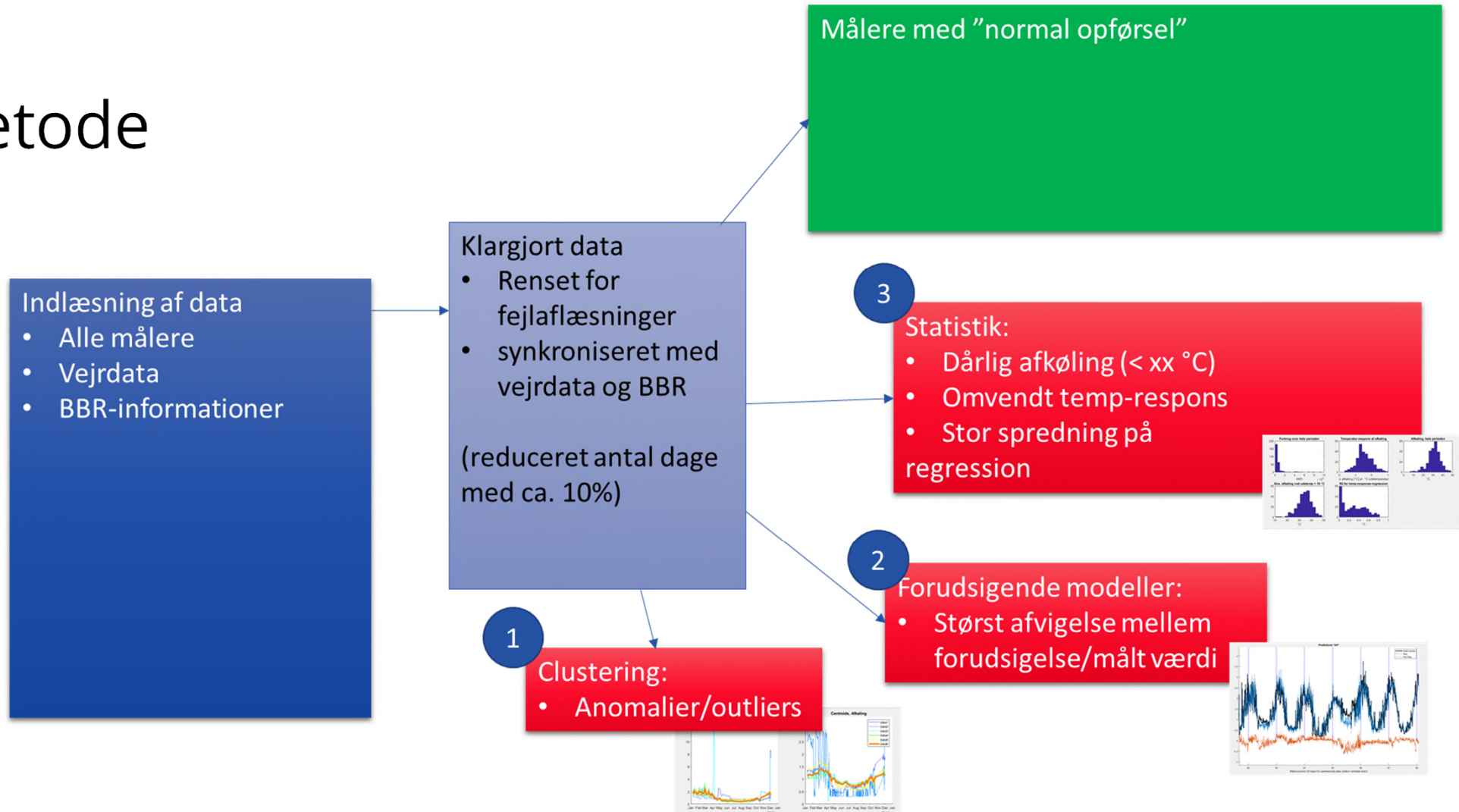
Afkøling samt fordeling for samtlige målere

Energiforbrug og volumin





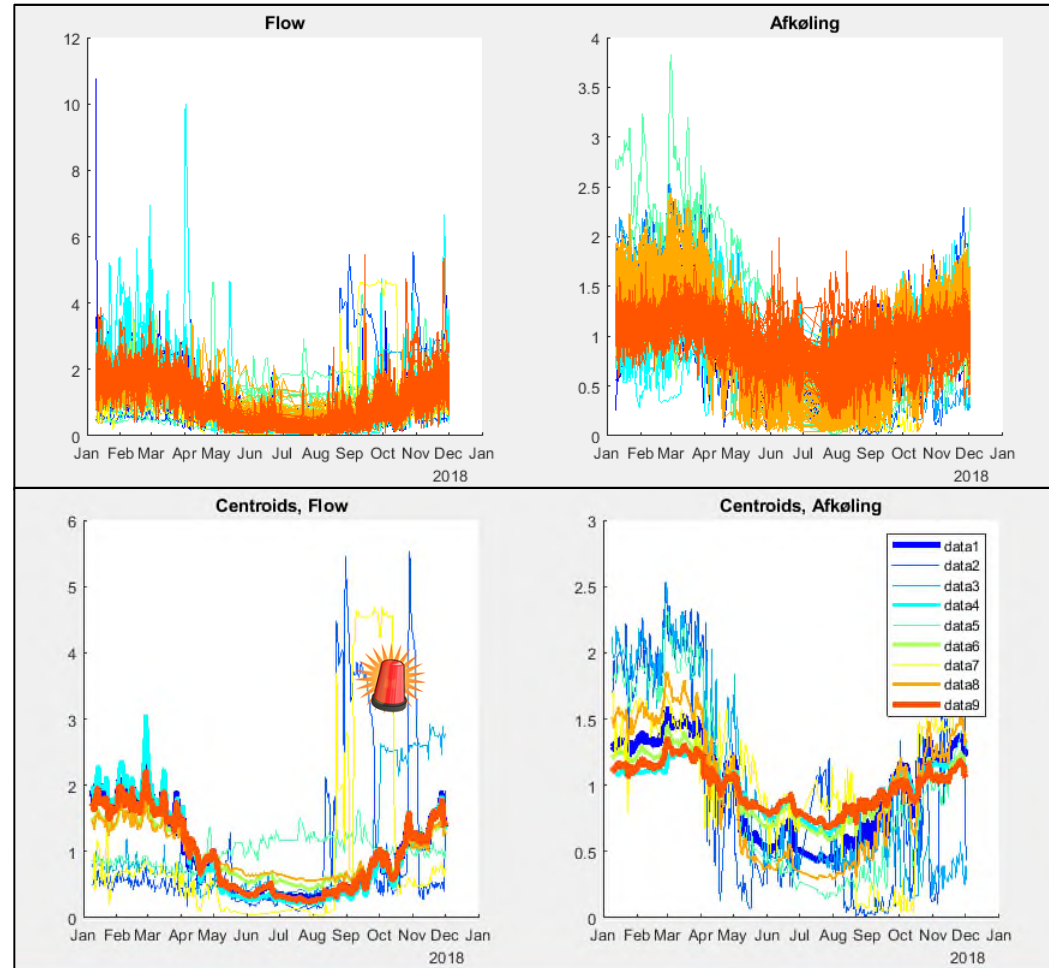
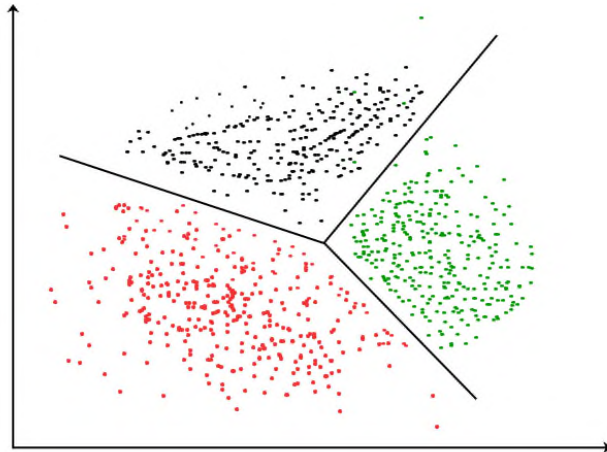
# Metode





# 1 Clustering

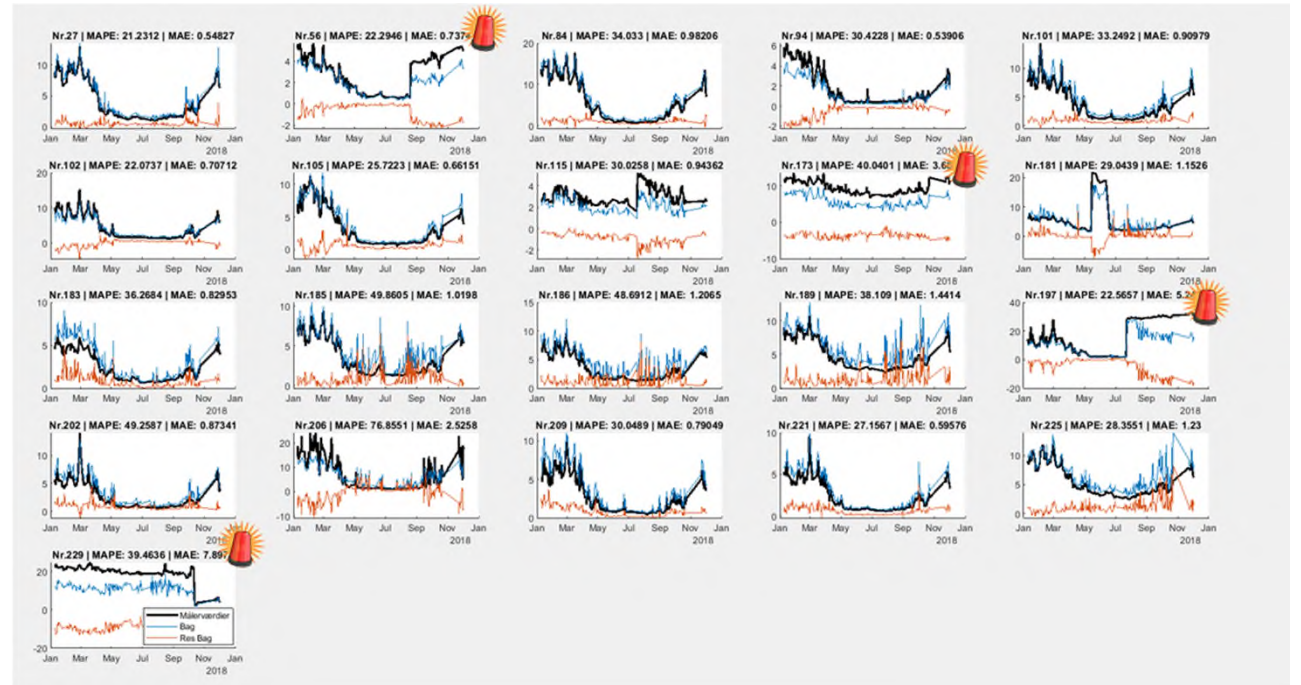
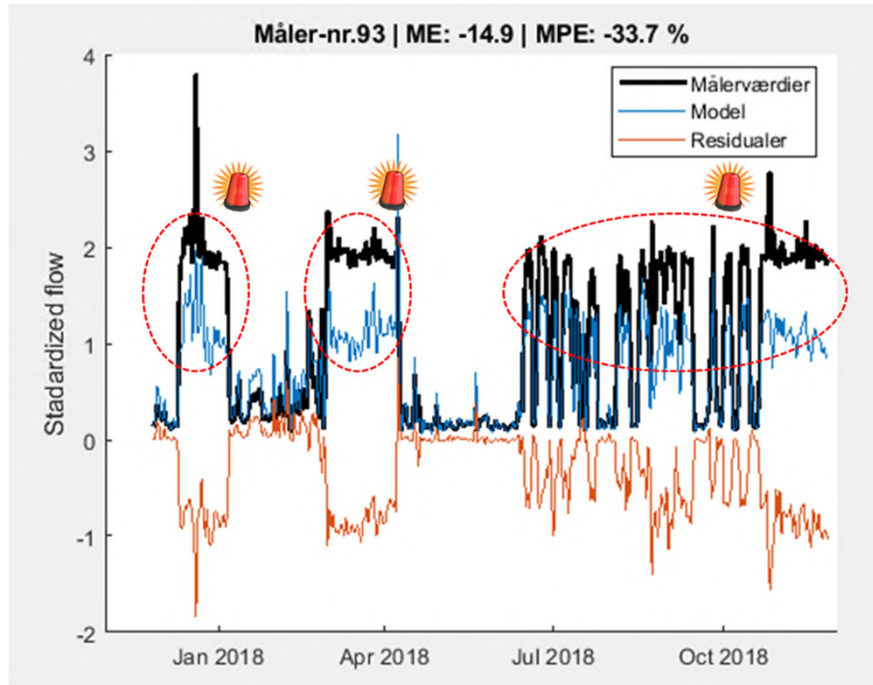
- Modereret algoritme ift. at kunne håndtere huller i data



Dataeksempel fra AffaldVarme Aarhus



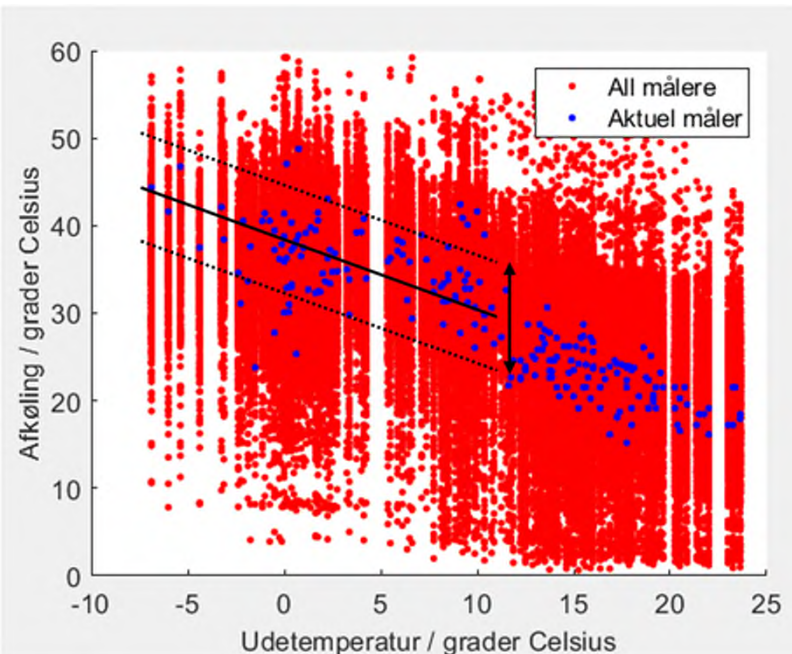
## 2 Forudsigende modeller





### 3 Statistiske outliers

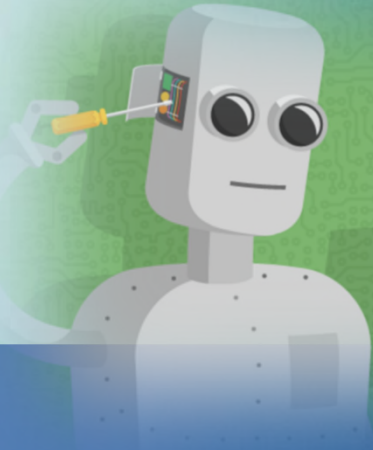
- Udvidet analyse af temperatur-responskurven:



Afkøling (°C)



Udetemperatur (°C)



- 1
- 2
- 3

OutliersAnomal	OutliersClusts	Afkoeling	Spredning	TempRespons
104	79	87	240	198
124	104	104	302	208
129	124	124	330	215
302	129	129	346	220
348	207	131	351	253
457	302	144	358	385
NaN	327	156	397	405
NaN	348	199	415	420
NaN	395	207	443	450
NaN	457	395	445	457



Erfaring hos  
forsyninger





# Feedback fra forsyningerne

Målernummer	Fejl/hændelse
	<b>Outliers, kategori 1</b>
99	Lille forbrug, hvor det varme vand spiller en hovedrolle. Der må være en fejl på varmeanlægget/megen håndregulering, da situationen forværres med faldende temperaturer.
2836	Varmtvandsdelen er defekt/indstillet for højt.
5612	Sådan ser intet forbrug ud.
7924	Her er en sammenhæng mellem forbrug og dårlig drift. Jo mere forbrug-jo dårligere drift. Der er en eller flere fejl på varmeanlægget.
2216	Styreventil på varmt brugsvand går i stykker/stilles alt for højt i jan. og dette rettes ikke senere.
	<b>Outliers, kategori 2</b>
145	Styreventil på varmekredsen er defekt/fejlindstillet. Nok ikke en unit.
525	Varmtvandskredsen er defekt/fejlindstillet. Og der er også fejl på varmekredsen efter sommerferien.
599	Ikke identificerbart problem

...



# Smart Fjernvarme: Opsummering

1. **Fejlfinding på installationer**
2. Baseret på **døgnværdier**
3. Rutinemæssig analyse af det **fulde netværk**





# "Smart Fjernvarme II" ?

- Videreudvikling af værktøj
- Implementering
- Feedback og interaktion med forsyningsmandskab

Tilgængelighed for de danske forsyninger.





# Renewable Low Temperature District – RELaTED

- *“RELaTED will provide an innovative concept of decentralized **Ultra-Low Temperature (ULT) network solution** with substantial efficiency and environmental benefits.”*
- 4 demonstration sites i Serbien, Estland, Danmark and Spanien



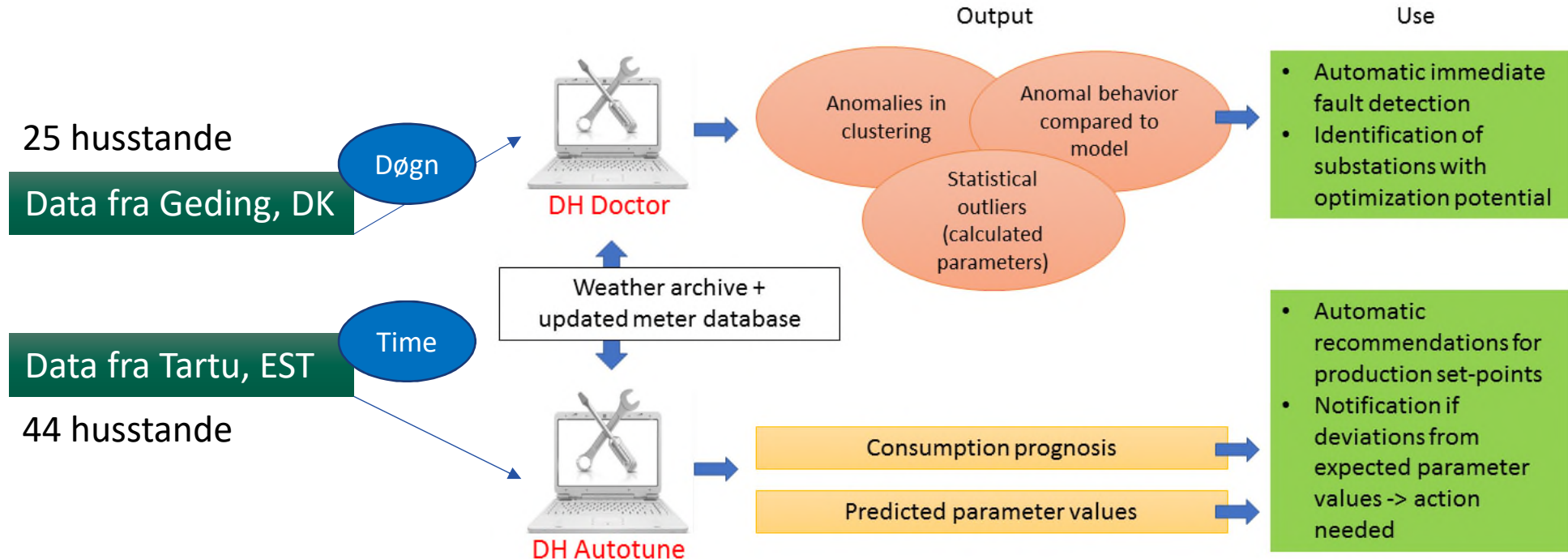
DH Doctor



DH Autotune



# Koncept for udviklingsarbejdet på Teknologisk Institut



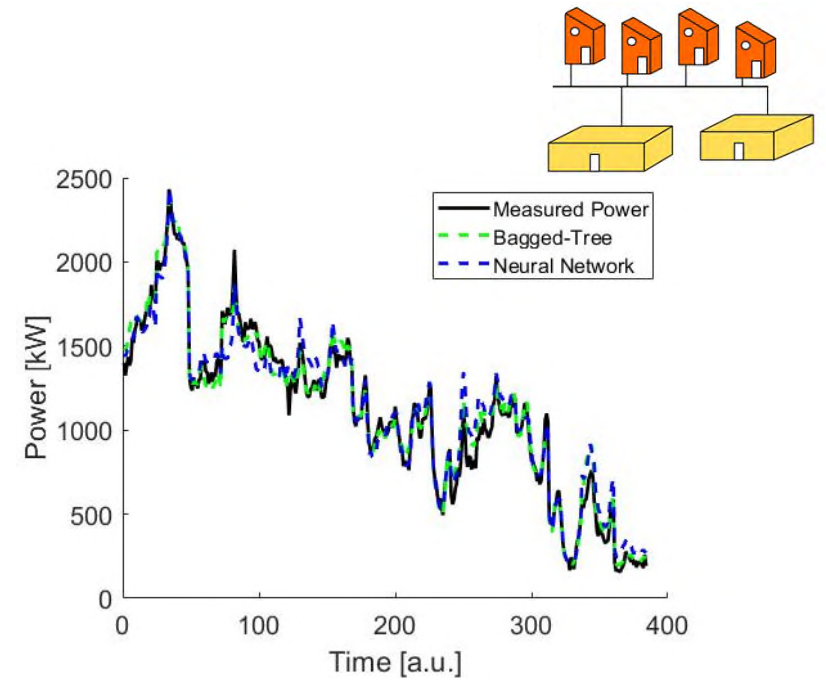
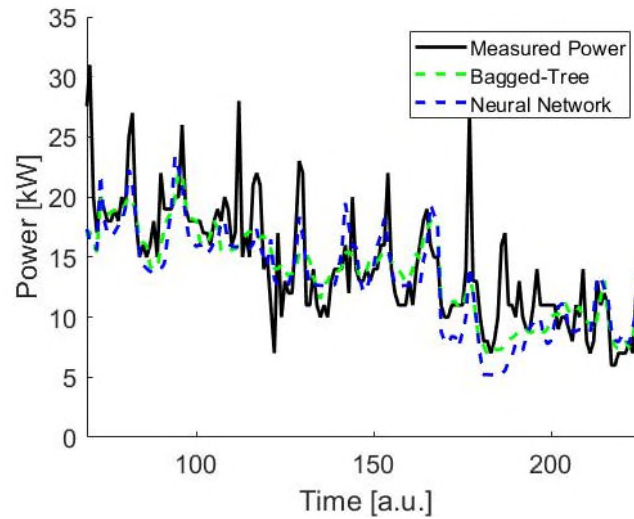


DH Autotune



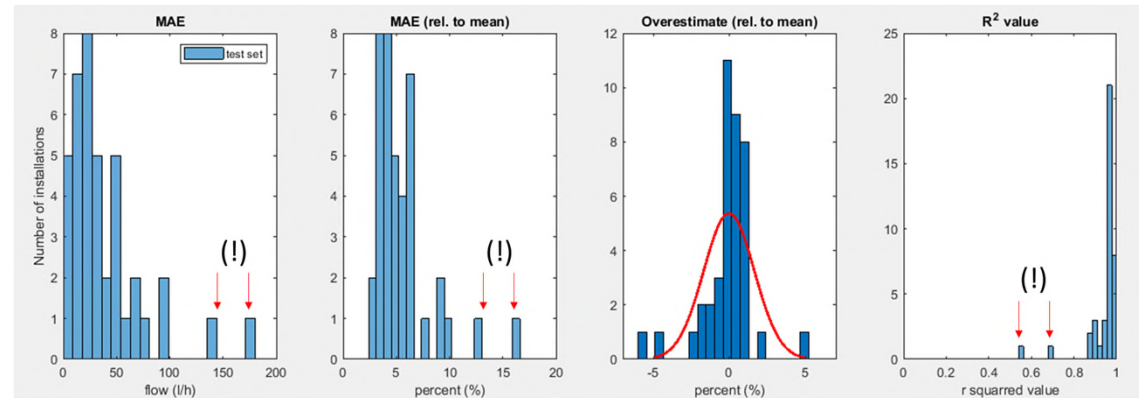
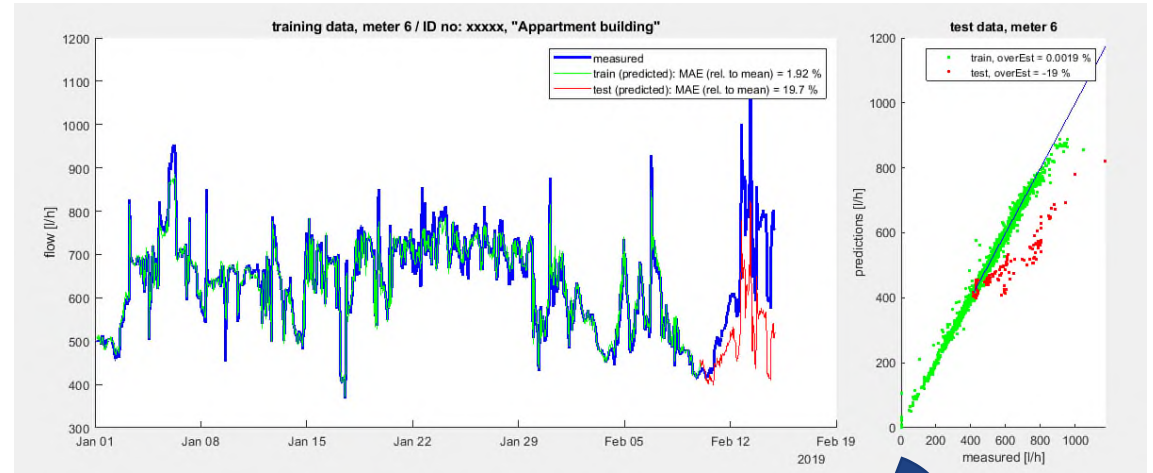
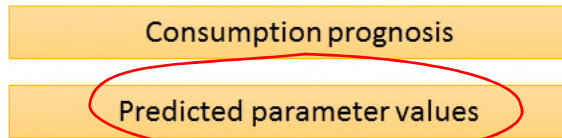
Consumption prognosis

Predicted parameter values





DH Autotune





# Implementering i Tartu, ultimo 2019

- Fault detection system
- Heat load prediction



DH Doctor



DH Autotune





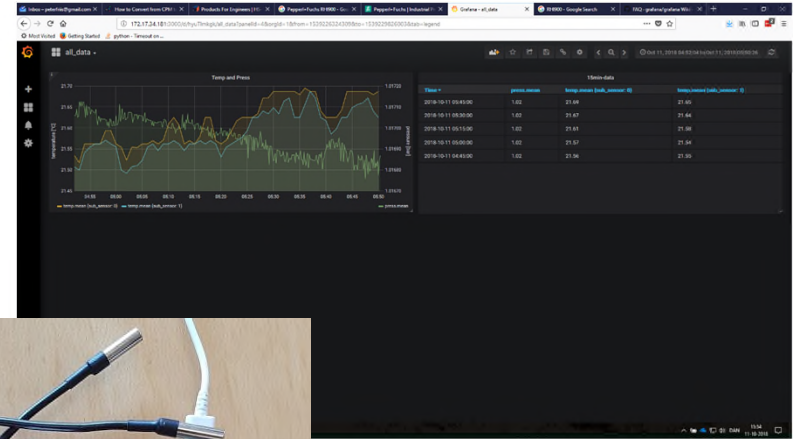


# Supplerende målepunkter



## Eksisterende Smart meter data

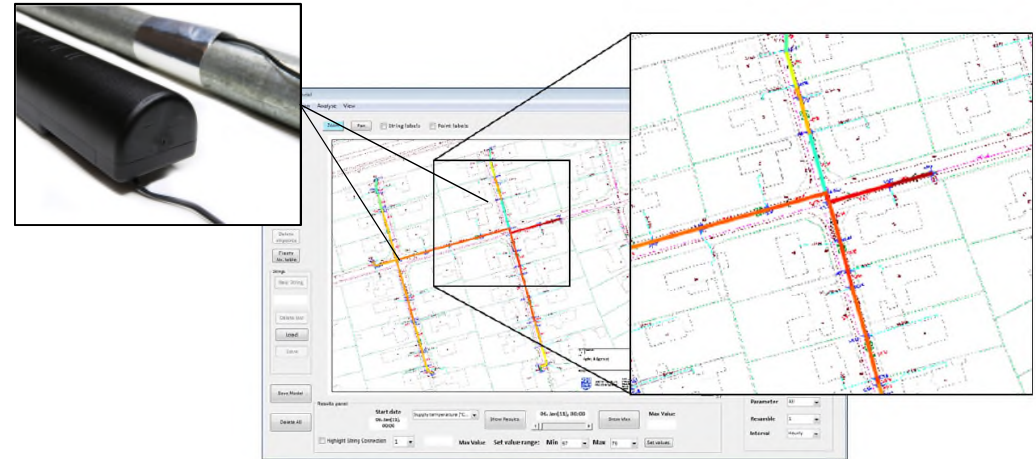
- Fremløbstemperatur
- Tilbageløbstemperatur
- Vandflow
- Energiforbrug





# “Fjernvarme tilstandskontrol til Asset Management”

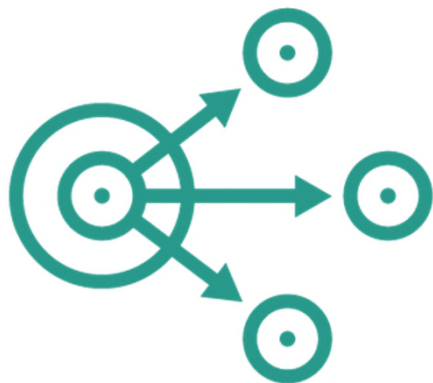
- Nyt projekt under opstart
- Evaluering af røret:
  - Varmetab
  - Lækage
- Smart meter-data suppleret med ekstra sensorer





# Det næste skridt

1. Udbredelse af værktøjer
2. Videreudvikling ift. forsyningers ønsker og feedback



**TEKNOLOGISK INSTITUT**

Dansk Fjernvarmes F&U-konto  
Aftale nr. 2018-01 – afslutningsrapport, juli 2019

"Effektivisering af fjernvarmeforsyning ved anvendelse af smart meter data og data fra supplerende sensorer"

**Smart Fjernvarme**

**RELaTED**

**RELaTED**  
D2.4 – Energy flexibility and DH Control  
Date: 2019/06/27  
Version: 3.7

Deliverable	D2.4
Name	Energy flexibility and DH Control
Website	<a href="http://www.relatedproject.eu">www.relatedproject.eu</a>
Project Coordinator	Roberto Garay, TECNALIA, roberto.garay@tecnalia.com
Author(s)	Jakob Fester, DTI, <a href="mailto:jafe@teknologisk.dk">jafe@teknologisk.dk</a> Peter Friis Østergaard, DTI, <a href="mailto:peo@teknologisk.dk">peo@teknologisk.dk</a> Mikel Lumberas Mugapenen, Tecnalia, <a href="mailto:mikel.lumberas@tecnalia.com">mikel.lumberas@tecnalia.com</a> Roberto Garay Martinez, Tecnalia, <a href="mailto:mikel.lumberas@tecnalia.com">mikel.lumberas@tecnalia.com</a>

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 768567.  
This material reflects only the author's views and neither Agency nor the Commission are responsible for any use that may be made of the information contained therein.



TEKNOLOGISK  
INSTITUT



Tak for opmærksomheden!