

ATV Jord og Grundvand, møde 04-23 om:
Digitalisering af miljødata – når nuller og ettalser gør en forskel
8. juni 2023, DGI Byen/CPH Conference, København

Water Data Spaces – perspektiver og eksempler på digitalisering inden for tekniske vandsystemer

Peter Steen Mikkelsen
Professor, Urban Water Systems
DTU Sustain, Institut for Miljø- og Ressourceteknologi
Climate and Monitoring Section
Technical University of Denmark

Sektorudviklingsrapport (2019)



Præsenteret på Christiansborg, 25. marts 2019

“Kick-start den **blå omstilling**, gennem øget fokus på forskning, innovation, uddannelse og entreprenørskab, for at gøre sektoren **mere effektiv, mere innovativ, mindre fragmenteret og mere bæredygtig** !



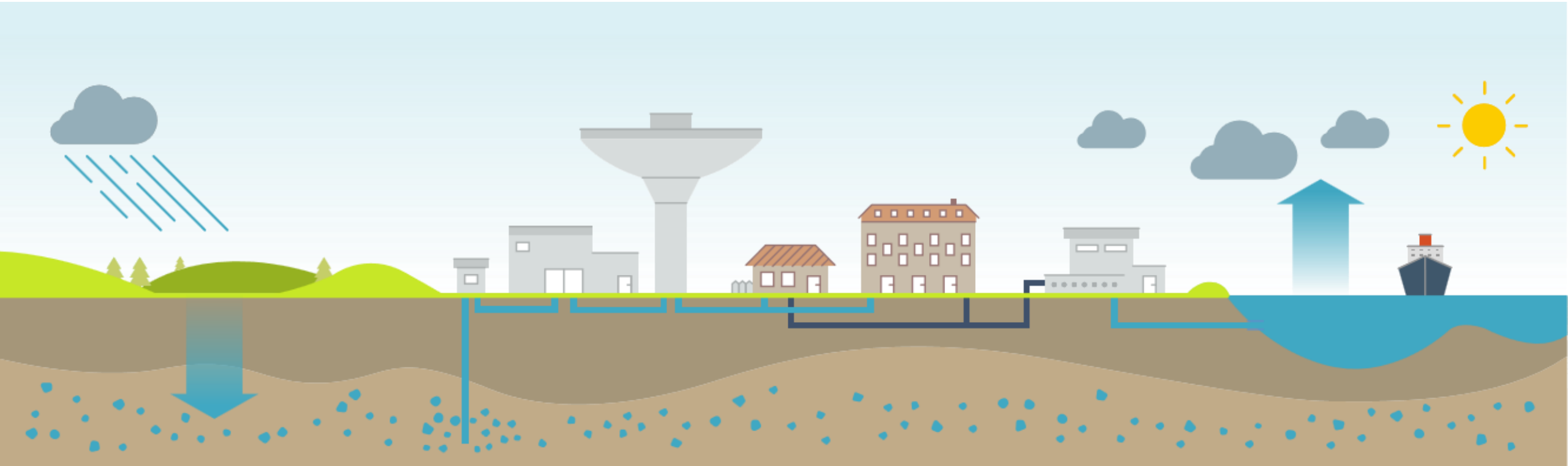
Temaer dækket af rapporten

- **Tema 1: Klimatilpasning – Stor aktivitet og begrænset viden**
- Tema 2: Vand ind og ud af byer – Spildevand fra problem til resource
- Tema 3: Forvaltning af vandressourcer – Målrettet regulering kræver Big Data



Temaer dækket af rapporten

- Tema 1: Klimatilpasning – Stor aktivitet og begrænset viden
- **Tema 2: Vand ind og ud af byer – Spildevand fra problem til resource**
- Tema 3: Forvaltning af vandressourcer – Målrettet regulering kræver Big Data



Temaer dækket af rapporten

- Tema 1: Klimatilpasning – Stor aktivitet og begrænset viden
- Tema 2: Vand ind og ud af byer – Spildevand fra problem til resource
- **Tema 3: Forvaltning af vandressourcer – Målrettet regulering kræver Big Data**





Digital transformation for at gøre vandsektoren

- Mere effektiv
- Mere innovativ
- Mindre fragmenteret
- Mere bæredygtig

Præsenteret på
Christianborg
25. marts 2019



Historien om den danske vandsektor, kort fortalt

	1970'erne	1980'erne	1990'erne	2000'erne	2010'erne	2020'erne
Udfordring og teknologi	Ammoniak, organisk stof og iltsvind i vandløb Forsuring i natur, søer, og øvre grundvand regionalt Lad os se på historikken ... Den er ret vild og fascinerende men også billede på en vidt forgrenet og fragmenteret sektor, med mange modstridende interesser i spil	Rensningsanlæg Nitrat i grundvand NPO i overfladevand, døde hummere i Kattegat Forurenede grunde	Pesticider i grundvand Intensiveret fjernelse af N og P fra spildevand, påvirkning af EU-lovgivning på området Instrumentering og automatisering af rensningsanlæg og vandværker Rensningsanlæg og vandværkers energiforbrug afføder indsats om energineutralitet Efterslæb konstateres på vedligeholdelse af ledningsnet	CO2 neutralitet Methangas Mikrobiologi ifm. spildevand Grundvandskortlægning Oprensning af forurenede grunde Miljøfremmede stoffer Data vha. sensorer Havnebade bliver mulige grundet større kloakbassiner Oversvømmelser grundet ekstremregn begynder at optræde hyppigere	Mikroplast Lattergas i renseanlæg Øget fokus på at trække energi og råstoffer ud af især slam Klimatilpasning aht. ekstremregn tager fart Oversvømmelser grundet stormflod begynder at optræde hyppigere Vand-fødevarer-energi Nexus'en Pro-aktiv varsling vha. industri 4.0 tilgang Asset management Måltrettet regulering Nye metoder til miljøovervågning, vha. selvkørende køretøjer FN's bæredygtighedsmål	Totaløkonomiske analyser i kombination med risikovurdering Nye miljøfremmede stoffer Antropologiske/sociologiske metoder til at analysere handlingsbaserede behov Systemer af vandteknologi, baseret på produkt-service systemer og service-baserede forretningsmodeller Offentlig-private udviklings-selskaber, der involverer universiteter Cyber sikkerhed mod terrorangreb Samarbejdende autonome systemer Multiforsyningssystemer på tværs af vand, energi og fødevarer/affald Øget jobskabelse og eksport Efterspørgsel efter mere specialiseret arbejdskraft og nye uddannelser
Regulering	Etablering af Forureningsministeriet og den moderne regulering Miljøbeskyttelsesloven	Vandmiljøplaner mod udledning af fosfor til overfladevand og nitrat til grundvand	Krav til maksimal lækage fra ledningsnet, indsats om ammoniak og pesticider	Vandrammedirektiv Kommunalreform giver centraliseret overvågning fra regioner Forsyningssektorloven	Økonomisk benchmarking Klimatilpasningsplaner bliver lovpligtige	Vandrammedirektivet skal være opfyldt i 2027 Krav om åbne data standarder



PFAS

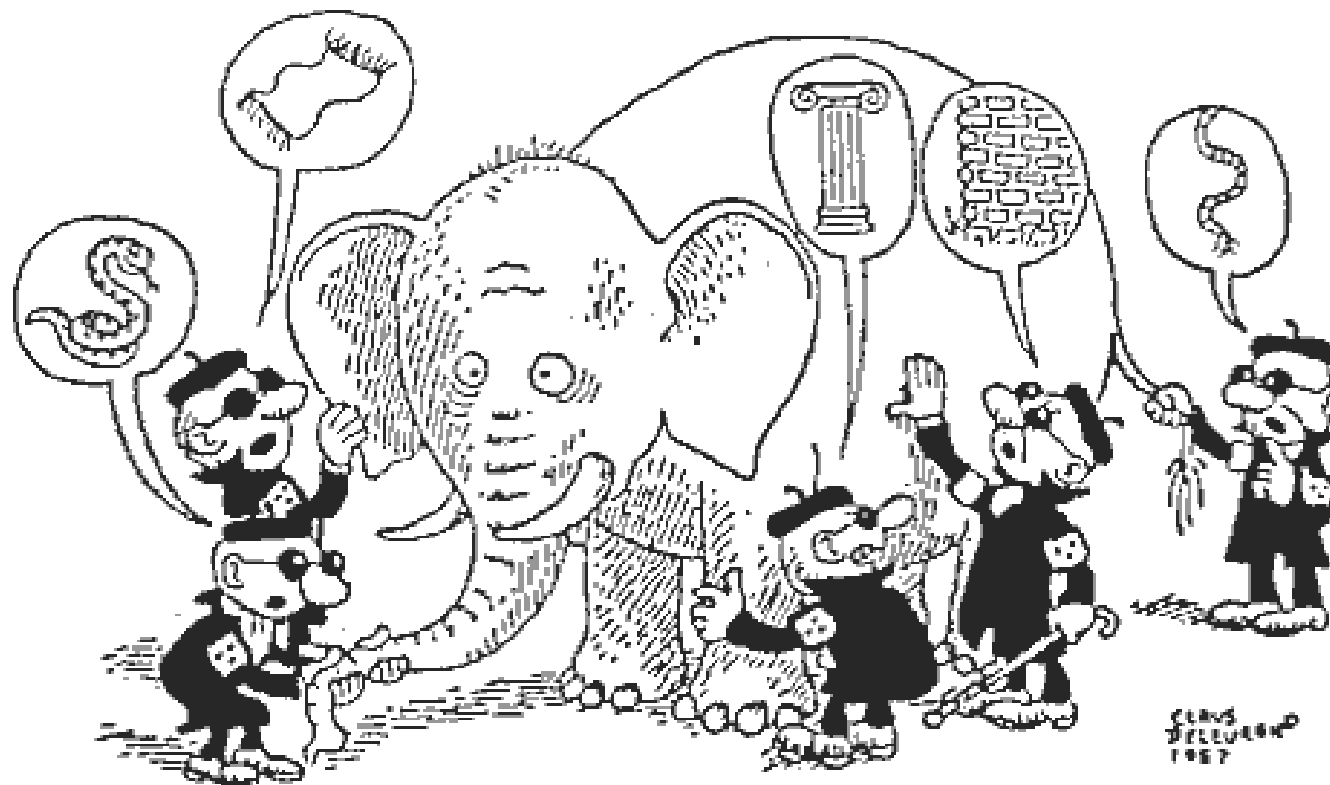
Water-fit-for-purpose og udnyttelse af vand, energi og andre ressourcer i spildevand



Grundvands-beskyttelseszoner



Digitalisering kom ud som den fælles “enabler”, som mange pegede på



Digitaliseringsmodel for vandteknologi

2) Systemer og anlæg

Teknosfæren

- Ledningsnet (distributionsnet og kloaksystemer, specialnet i f.eks. industrier)
- Behandlingsanlæg (vandværker, renseanlæg, industrielle anlæg)
- Bassiner, skybrudsveje, m.m. over terræn

Natur og miljø

- Floder, vandløb og søer
- Grundvand
- Havet

Komponenter

- Pumper
- Ventiler
- Filtrering, beluftere, rensning
- Rør, slanger, pakninger
- Tanke, kar, beholdere

Datakilder

- Sensorer, prøvetagere, kameraer
- Satellitter, droner, robotter, crowdsourcing
- Databaser og kort, diverse

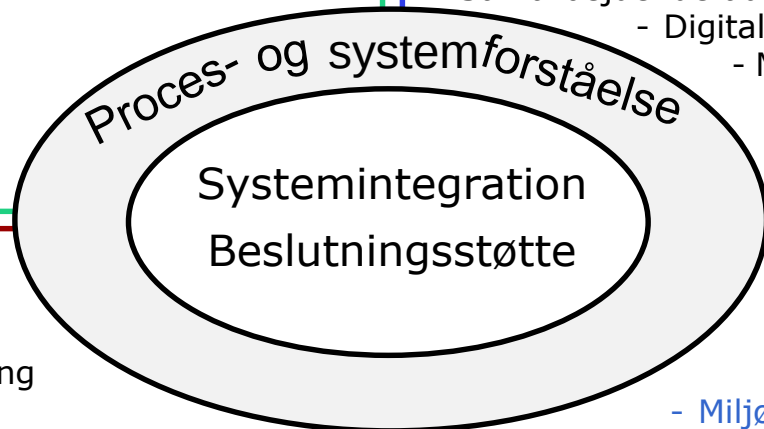
3) Digitale vandteknol. løsninger

- Internet of Things (IoT)
- Adfærdsændrende teknologi
- Data kvalitetsmanagement
- Big data analytics
- Artificial Intelligence (AI) og machine learning
- Forecasting og Model Predictive Control (MPC)
- Samarbejdende autonome komponenter
 - Digitale terrænmodeller
 - Matematiske modeller
 - Computerstøttet scenariefremskrivning

- Metadata
- Standardisering
- Åbne data
- Sikkerhed

- Miljøovervågning
- Asset management
- By- og landskabsplanlægning

- Integration på tværs af anlæg
- Multiforsyning integration
- Samarbejdende autonome systemer
- "Waterome", som f.eks. "Computerome"
- PPP-modeller for udvikling i 40-60 selskaber



1) Komponenter og datakilder

4) Tværgående vandteknol. platforme

Formål:

Skabe et omdrejningspunkt for at beskrive mulighederne for forskning og innovation med digitale græseflader

Integration af:

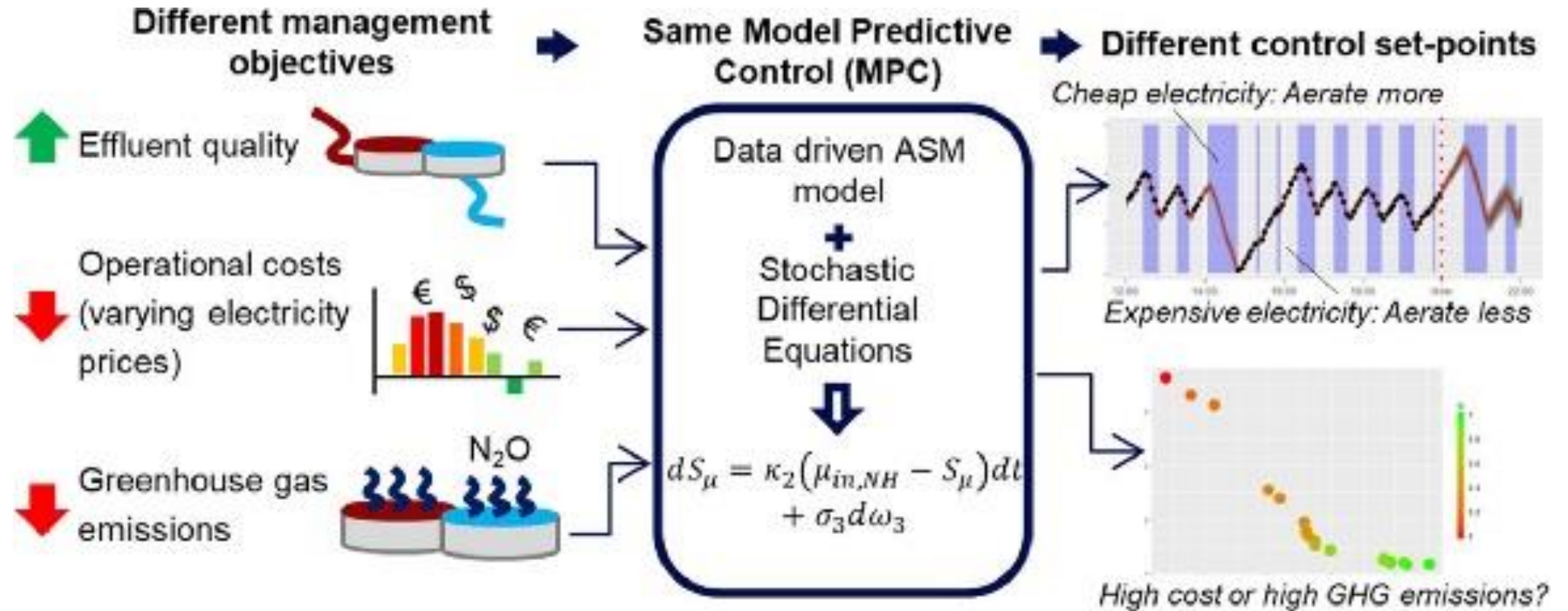
- Dyb teknisk-naturvidenskabelige vandfaglighed
- Dyb faglighed om digitalisering
- Generelle færdigheder om hvordan systemer integreres.

Ex. 1: Nye datakilder => reduceret fragmentering; smarte vandmålere = spildevands flow?



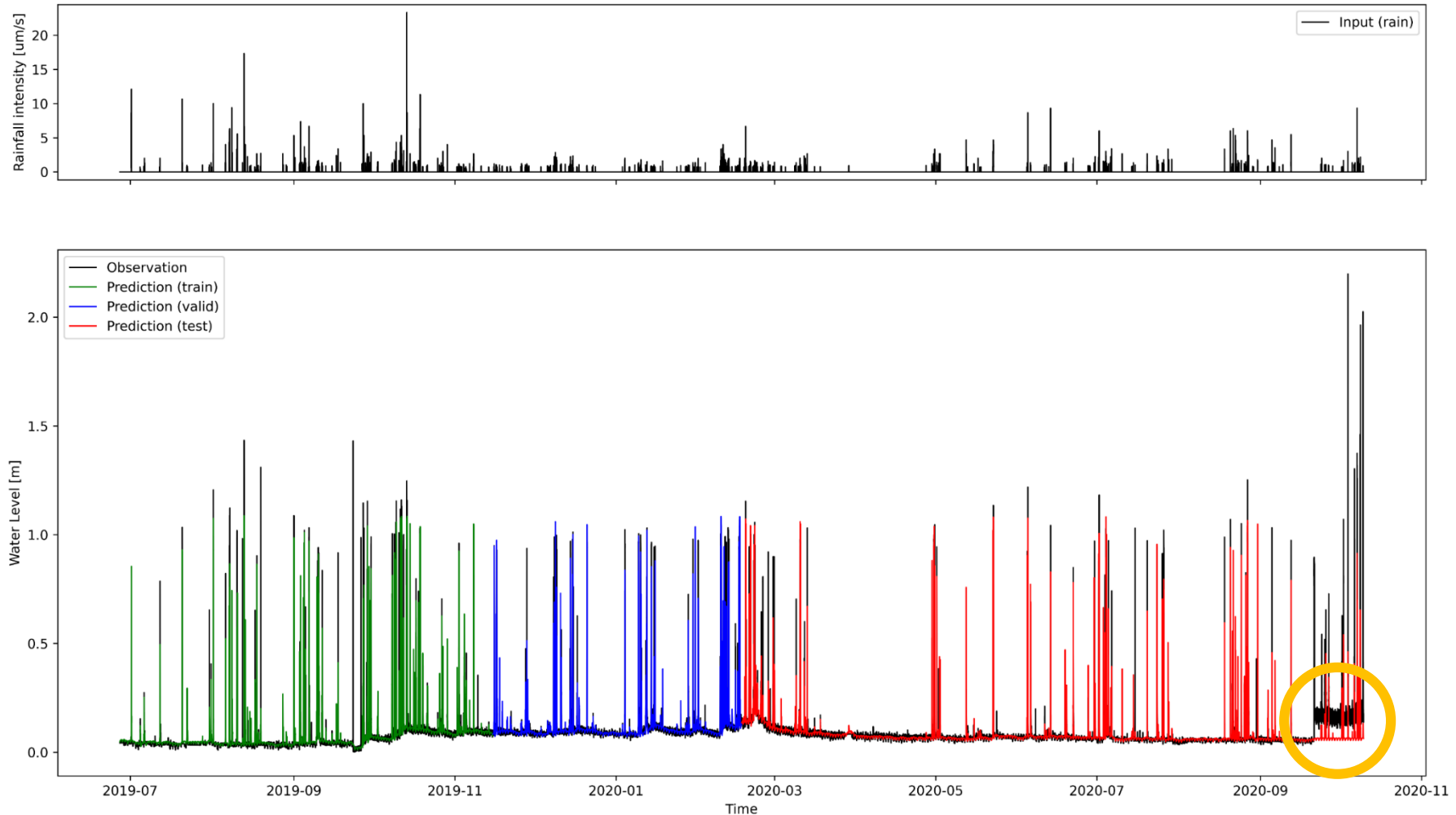
Ex. 2: Optimering af rensningsanlæg

Udløbskvalitet, omkostninger, eller udslip af drivhusgasser?



P. A. Stentoft, T. Munk-Nielsen, J. K. Møller, H. Madsen, B. Valverde Pérez, P.S. Mikkelsen, L. Vezzaro (2021): Prioritize effluent quality, operational costs or global warming? – Using predictive control of wastewater aeration for flexible management of objectives in WWRFs. *Water Research*, 196, 116960. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.116960>.

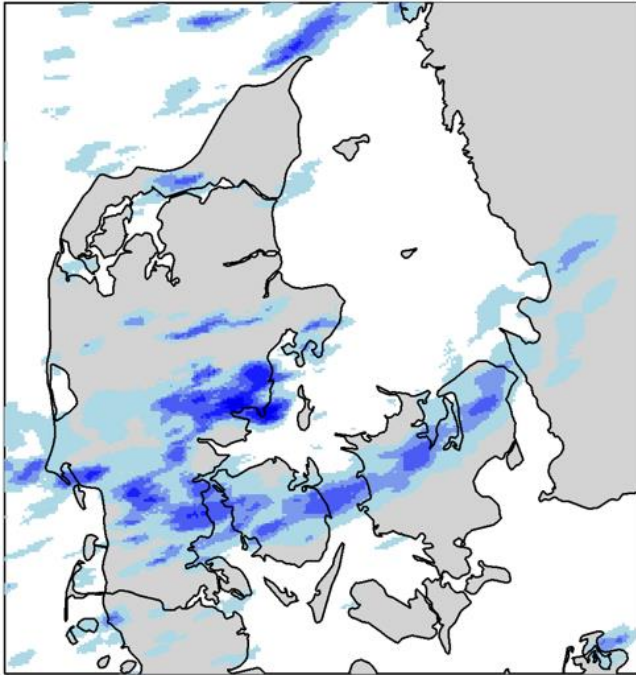
Ex. 3: Machine learning for anomaly detection



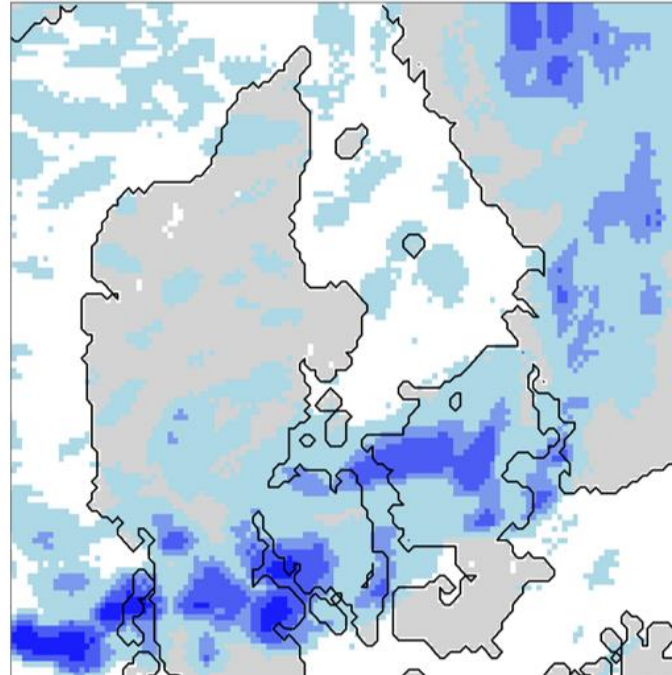
Palmitessa, R., Mikkelsen, P.S., Borup, M. & Law, A.W.K. and others (2020, in preparation): Machine learning for anomaly detection of level measurements in combined drainage systems

Ex. 4: Forecasting ef regn bliver bedre og mere tilgængeligt – hvad kan det bruges til?

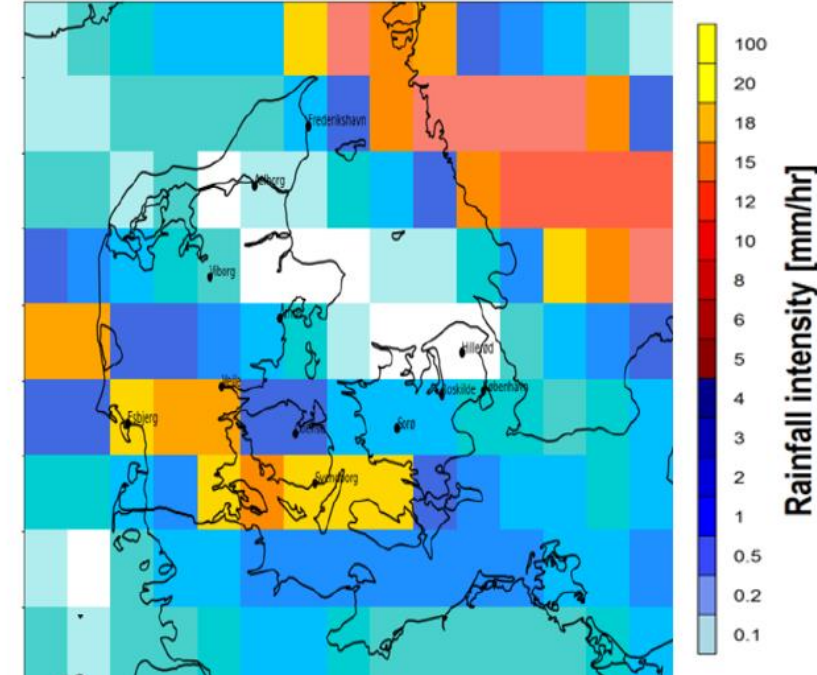
Radar ~ 0.5 km, 1-3 hr



NWPRUC ~ 3 km, 10 hr



ECMWF ~ 50 km, 2 wks



From Pedersen, J.W. (2021): Using numerical weather prediction and in-sewer sensor data for real-time monitoring and forecasting in urban drainage-wastewater systems, PhD thesis, <https://orbit.dtu.dk/en/publications/using-numerical-weather-prediction-and-in-sewer-sensor-data-for-r>.

Digital tvillinger – jf. Autiosalo et al. og VCS

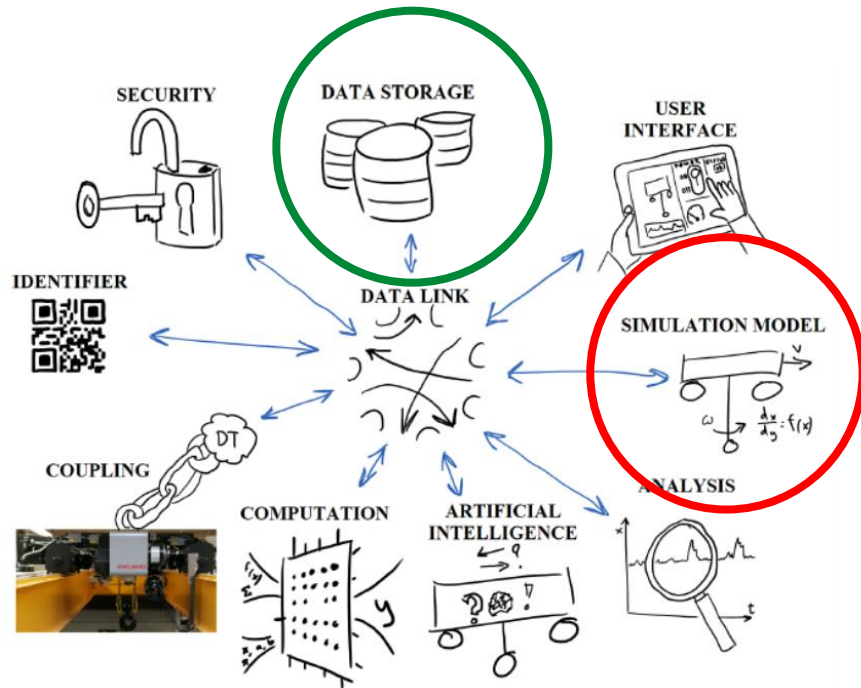


FIGURE 1. Conceptual ideal of feature-based digital twin framework.

Autiosalo, J.; Vepsalainen, J.; Viitala, R.; Tammi, K. A Feature-Based Framework for Structuring Industrial Digital Twins. *IEEE Access* **2020**, *8*, 1193–1208, doi:10.1109/ACCESS.2019.2950507.

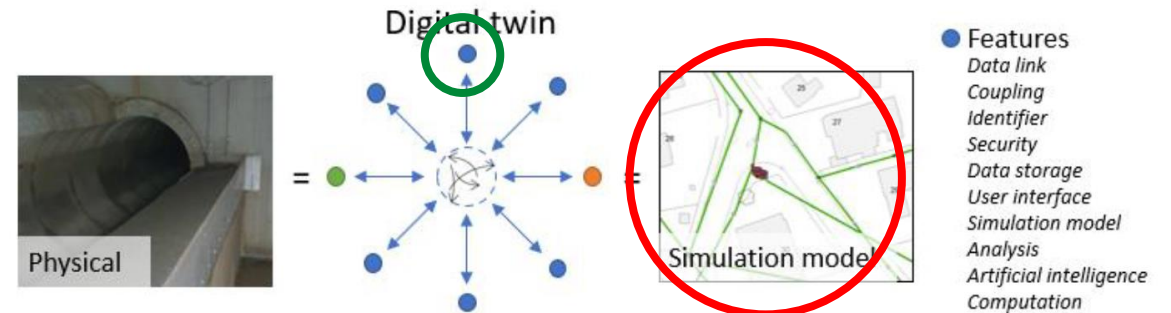


Figure 3. Illustration of the concept of digital twin (DT) for urban water systems. The DT consists of a virtual part linked to a list of features and a physical counterpart. The continuous coupling to the physical twin is important to make it a “living” DT, and simulation models play an important role in urban water systems (here exemplified by a distributed urban drainage system model). ● refers to the feature data link, which is the center of a star structure surrounded by other features. ● refers to the feature coupling, and ● refers to the feature simulation model. Inspired by [24].

Pedersen, A.N., Borup, M., Brink-Kjær, A., Christiansen, L.E., Mikkelsen, P.S. (2021): Living Digital Twins of Urban Water Systems: Towards multi-purpose value creation using models and sensors. *Water*, *13*(5), 592. <https://doi.org/10.3390/w13050592>

Vision

***Accelerere innovation** og udvikle bæredygtige vandteknologiske løsninger ved at udnytte adgang til flere data i bedre kvalitet*

<https://lighthousewatertech.dk/>

Water Data Space

*Igangværende projektaktivitet, med potentielle links til **Water4All** og fremtidige aktiviteter på EU-niveau*



WVVK

SYSTEMATIC

aarhusvand



DEN EUROPÆISKE UNION
Den Europæiske Socialfond



DEN EUROPÆISKE UNION
Den Europæiske Fond
for Regionaludvikling



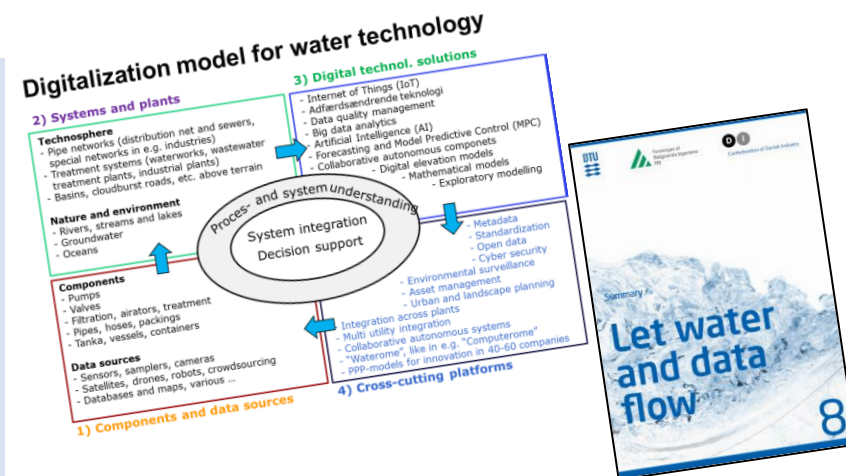
Finansieret som et led i EU's reaktion
på COVID-19-pandemien

Vi investerer i din fremtid

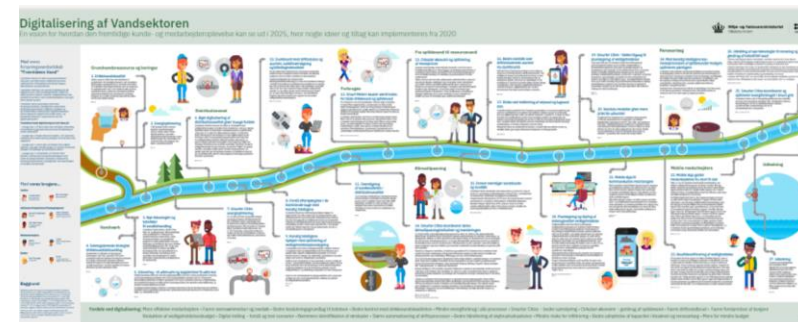
Baggrund

Vækstteamets anbefalinger og Regeringens digitaliseringsstrategi 2022 – vision 6

- Der igangsættes konkrete initiativer, der skal bidrage til den grønne omstilling **bl.a. ved at sætte data om vand i spil**. Med bedre data om, hvor vand er, og hvor det bevæger sig hen, kan vi sikre os bedre mod de vejrhændelser, vi vil se i fremtiden og fx varsle om oversvømmelser.
- Der etableres en cirkulær databank, der samler og tilgængeliggør data om affald og materialer, så virksomheder og offentlige myndigheder kan effektivisere deres materialeforbrug og minimere affald.
- Et forsyningsdigitaliseringsprogram skal drive udviklingen mod en sammenhængende grøn forsyningssektor, der udnytter ressourcer og infrastruktur bedre på tværs af værdikæder og forsyningsarter



DTU Sektorudviklingsrapport, marts 2019
MST, December 2019



DEN EUROPÆISKE UNION
Den Europæiske Socialfond



DEN EUROPÆISKE UNION
Den Europæiske Fond
for Regionaludvikling



Finansieret som et led i EU's reaktion
på COVID-19-pandemien

Vi investerer i din fremtid

Motivationen for et Data Space for vand

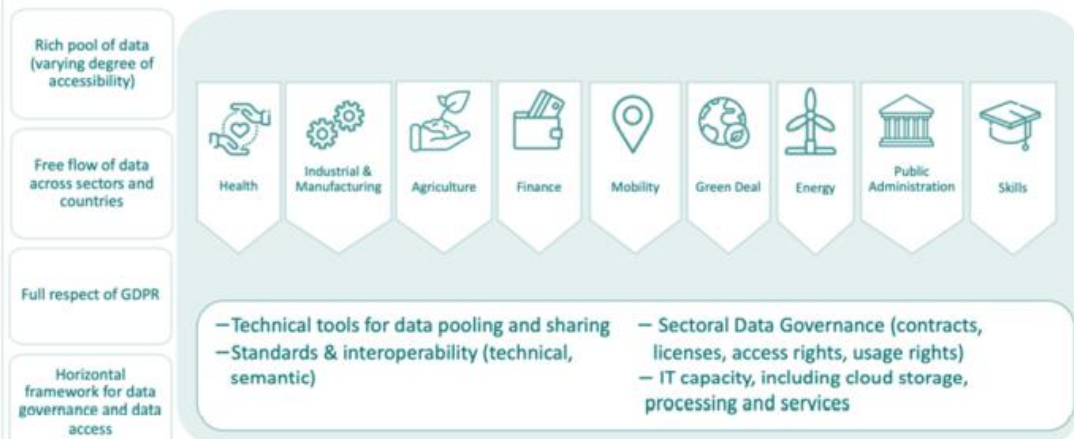
Fyrtårn

- Effektivitet, Innovationskraft, Bæredygtighed

Timing

- National Digitaliseringsstrategi
- European Data Strategy

Common European data spaces



DEN EUROPÆISKE UNION
Den Europæiske Socialfond



DEN EUROPÆISKE UNION
Den Europæiske Fond
for Regionaludvikling



Finansieret som et led i EU's reaktion
på COVID-19-pandemien

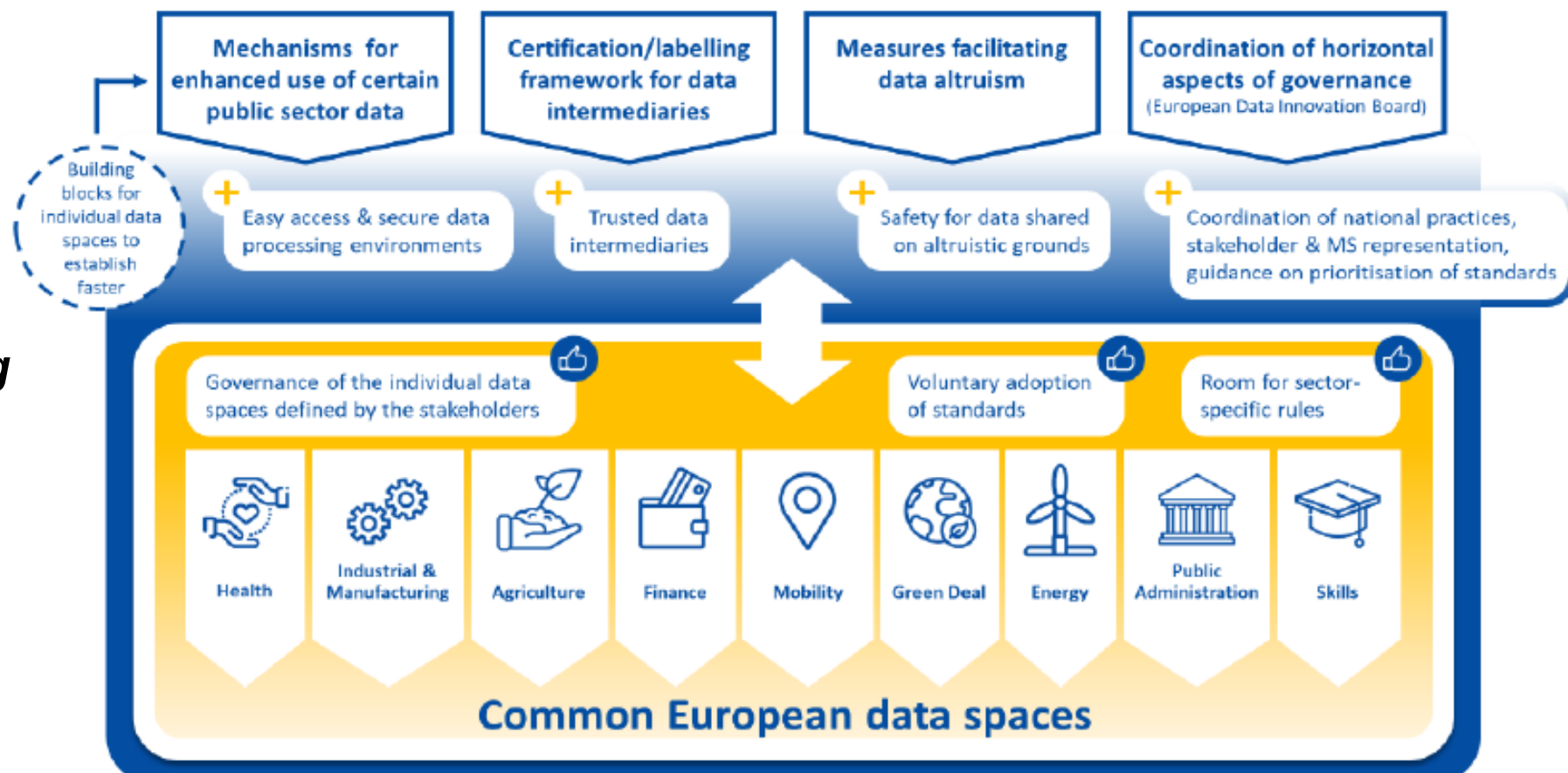
Vi investerer i din fremtid

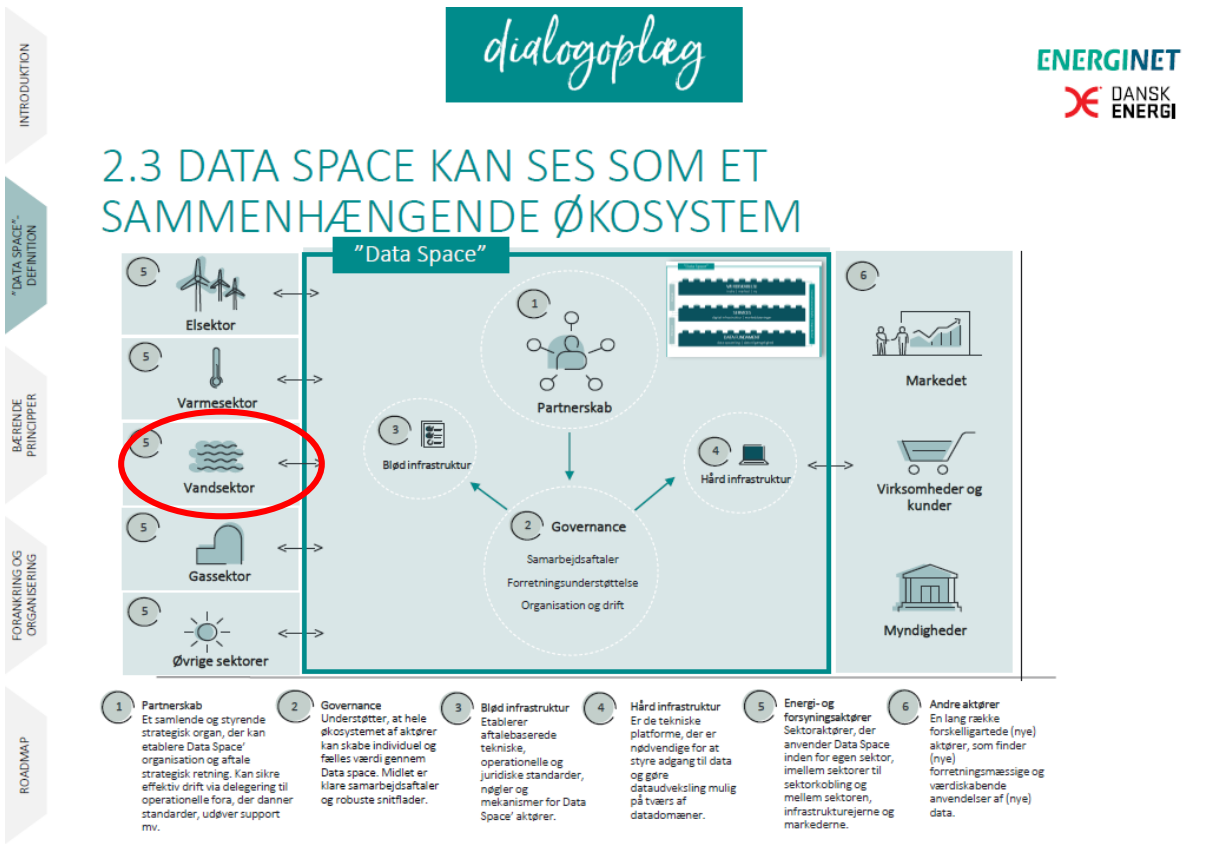
EU's Data Strategi – en horizontal tilgang

EU's Data Strategi foreslår en overordnet ramme med horisontale tiltag for alle fælles Europæiske data spaces: sektor-specifikke regler, governance mekanismer og standarder hvor relevant, ved hjælp af en samarbejdende tilgang

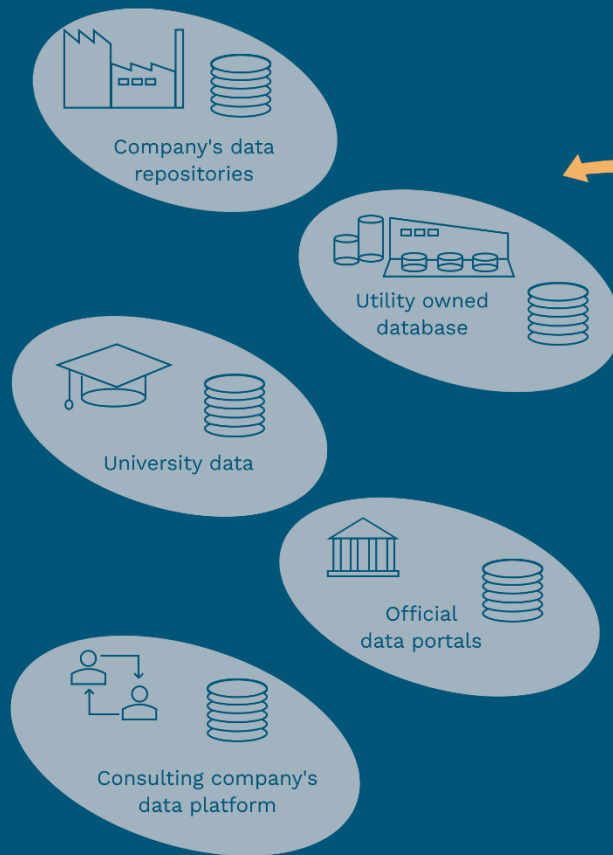
“Formålet er ikke at etablere de fælles Europæiske data spaces ved lov, men at stimulere deres udvikling ved at styrke tilliden til datadeling og data “mellemænd” (UK: intermediaries)

Hvor er vand???

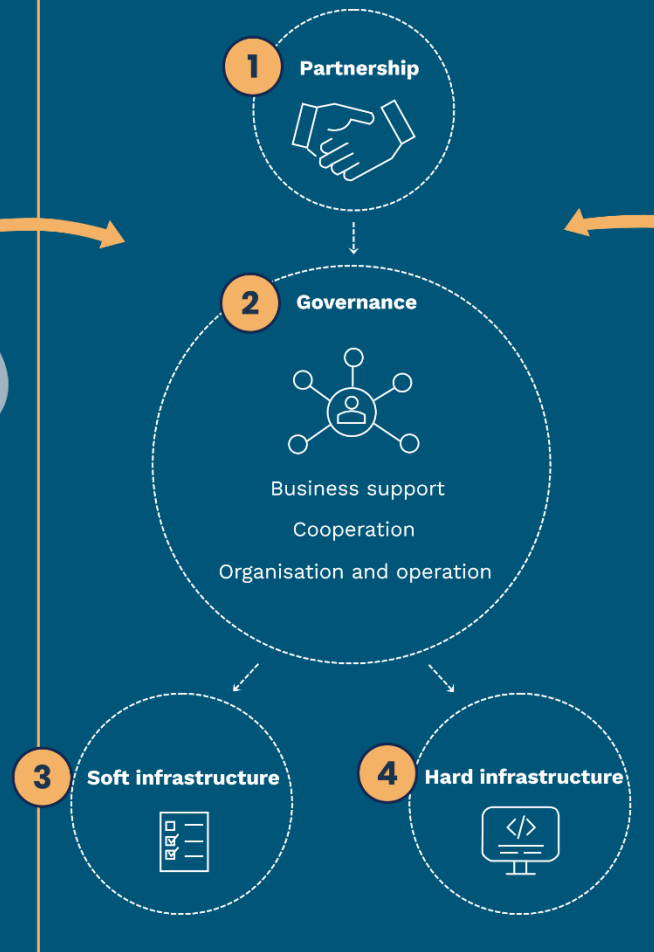




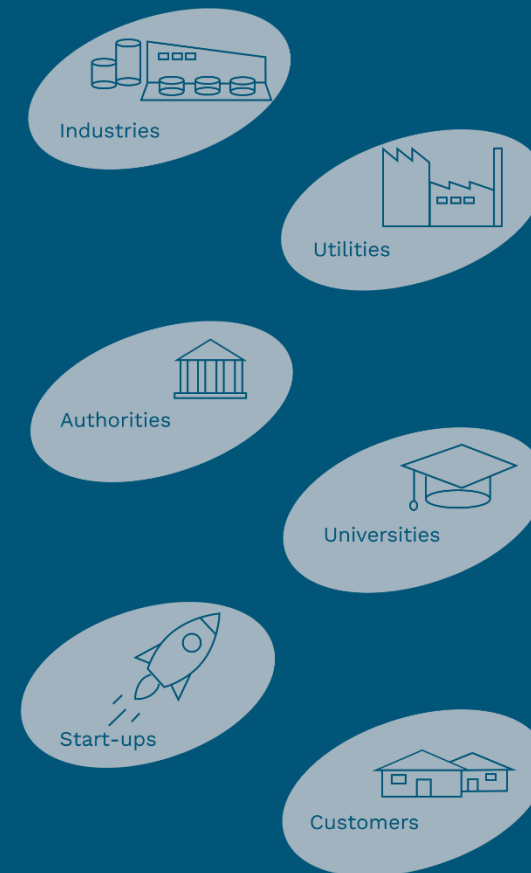
5 Data islands



Data space



6 Actors



1 Partnerships

Includes the strategic partners in the Data Space. Partners sets the direction and visions for the Data Space.

2 Governance

Development and operations of the Data Space. Obtained via clear cooperation agreements and interfaces.

3 Soft infrastructure

Technical and legal standards, data keys, models and protocols.

4 Hard infrastructure

All technical infrastructure supporting the data exchange between data islands and actors.

5 Data islands

All technical infrastructure supporting the data exchange between data islands and actors.

6 Actors

Institutions and organizations creating new value from existing and new datasets and synchronization of these

DEN EUROPÆISKE UNION
Den Europæiske Socialfond



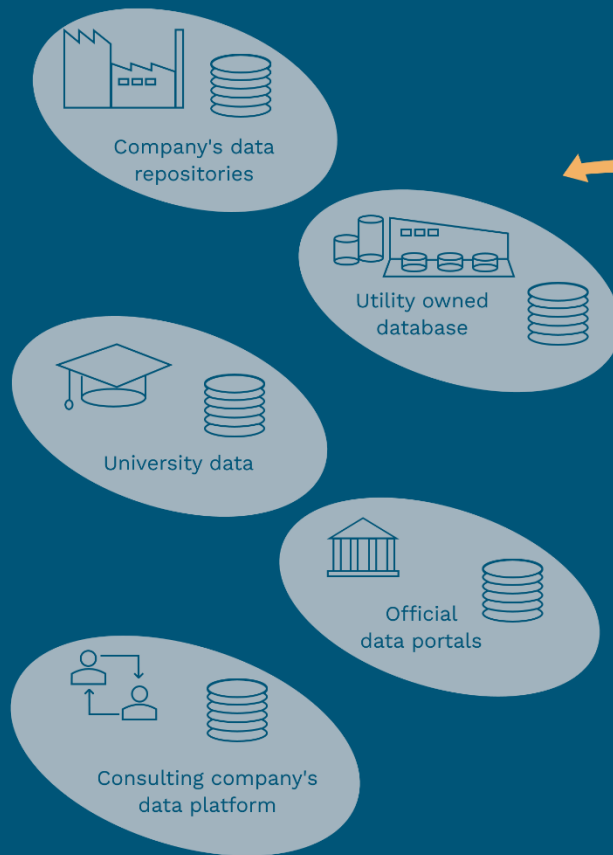
DEN EUROPÆISKE UNION
Den Europæiske Fond
for Regionaludvikling



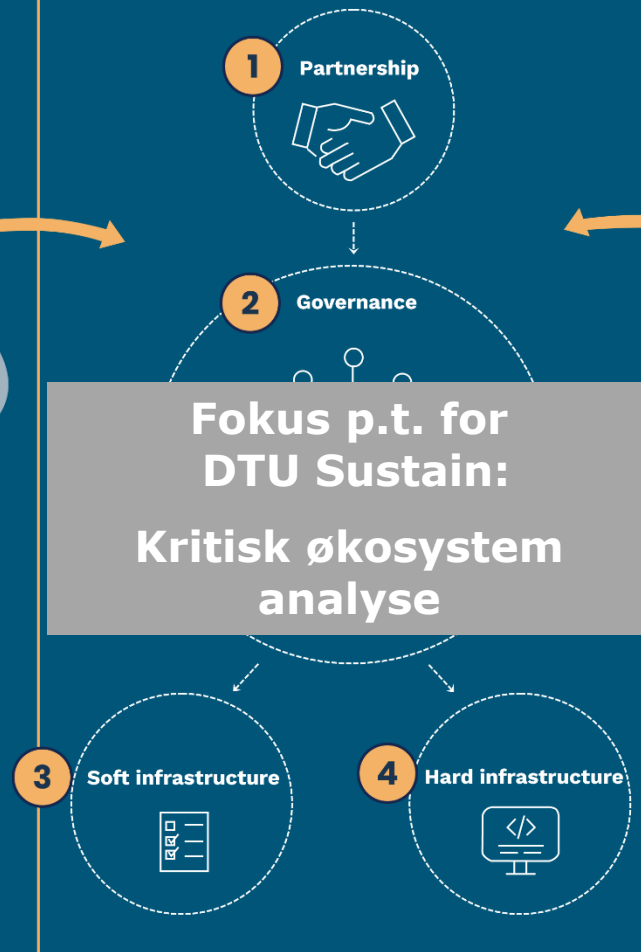
Finansieret som et led i EU's reaktion
på COVID-19-pandemien

Vi investerer i din fremtid

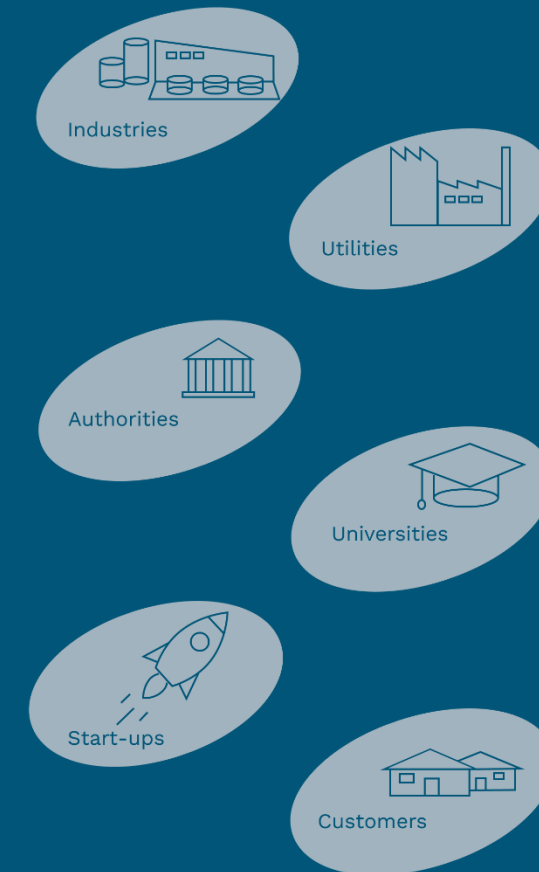
5 Data islands



Data space



6 Actors



1 Partnerships

Includes the strategic partners in the Data Space. Partners sets the direction and visions for the Data Space.

2 Governance

Development and operations of the Data Space. Obtained via clear cooperation agreements and interfaces.

3 Soft infrastructure

Technical and legal standards, data keys, models and protocols.

4 Hard infrastructure

All technical infrastructure supporting the data exchange between data islands and actors.

5 Data islands

All technical infrastructure supporting the data exchange between data islands and actors.

6 Actors

Institutions and organizations creating new value from existing and new datasets and synchronization of these

DEN EUROPÆISKE UNION
Den Europæiske Socialfond



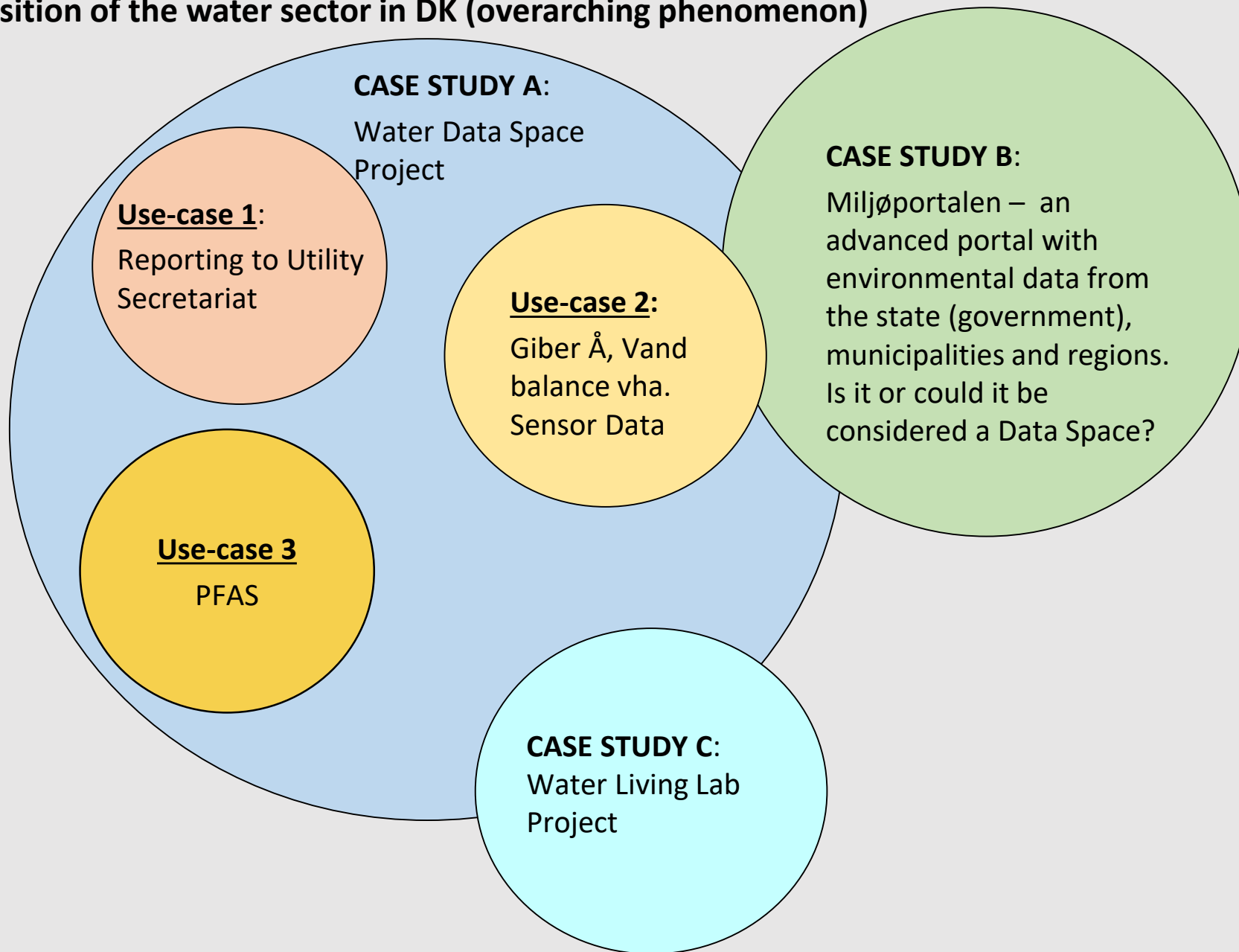
DEN EUROPÆISKE UNION
Den Europæiske Fond
for Regionaludvikling



Finansieret som et led i EU's reaktion
på COVID-19-pandemien

Vi investerer i din fremtid

The Digital Transition of the water sector in DK (overarching phenomenon)





- Januar 2023, Alexandra-rapport lavet parallelt med vores projekt
- Hovedpointer:
 - EU sætter p.t. gang i Data Space arbejdet, der er hidtil kun lidt dansk involvering
 - Der er adskillige Data Space initiativer i gang på EU-niveau, omfattende et meget stort net af aktører
 - SMV's vil få særlige vilkår
 - Vandsektoren indgår ikke (endnu) som en selvstændig enhed
 - Dansk deltagelse er (endnu) ikke formaliseret – men det vil sandsynligvis ske (grundet det nye Ministerium om Digitalisering og Ligestilling)



**Water Data Space + Water Living Lab
Afslutningskonference, 23. august 2023
– hos Aquaglobe i Skanderborg**

Nogle afsluttende observationer

Forvaltningsopgaver

Teknologiske muligheder

Forsyningsvirksomhed



Fagsystemer
(VanDa, PULS, Jupiter, ...)

Markedsdominerende systemer
(Mike+, SCALGO, APX10, ... og en hel masse internationale)

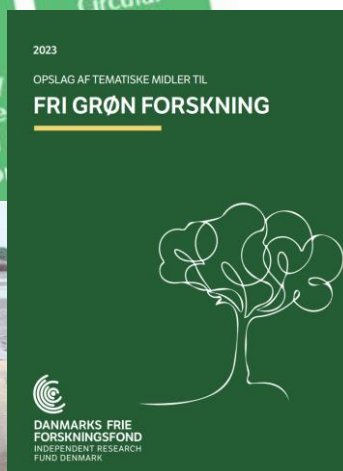
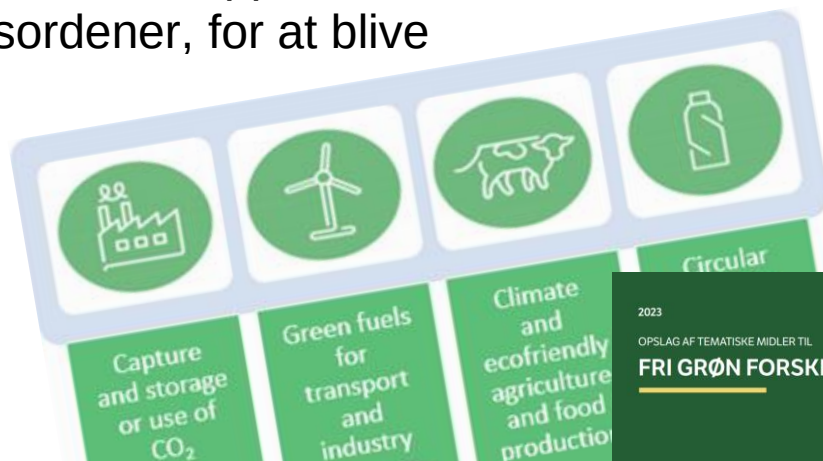
Altruisme

Kommerciel tilgang

Grøn omstilling, cirkulær økonomi og digitalisering

- Vandsektoren skal nok tappe bedre ind i disse dagsordener, for at blive forstået!

Inno Fund Denmark
InnoMissions
What's next?



Tak for ordet!

Peter Steen Mikkelsen

Professor, Urban Water Systems

DTU Sustain, Climate and Monitoring Section

Danmarks Tekniske Universitet

E-mail: psmi@dtu.dk