



Energianlæg som ændret arealanvendelse til grundvandsbeskyttelse

Solcellerparker

Senior Specialist, civilingeniør (K), Kim Haagensen

WSP Danmark A/S

Min baggrund

- Senior Specialist hos WSP Danmark – Høje Taastrup
- Kemiingeniør fra DTU

- Kemiker på analyselaboratorium – drikkevand og overfladevand
- Offentlig miljøsagsbehandling herunder grundvandsbeskyttelse, monitoringsprogrammer, godkendelser af anlæg og industriaktiviteter
- Mere end 20 år som rådgiver, Chefkonsulent, Senior Specialist

Hovedoverskrift – Miljøpåvirkning fra kemiske stoffer i materialer, jord og vand

Undersøgelser og risikovurdering af jord og grundvand

Vurdering af indhold og afsmitning fra materialer

Vurdering af aktiviteter i forhold til beskyttelse af det eksterne miljø

Miljøkonsekvensrapporter:

Den grønne energiomstilling:

Solcelleparker – afsnit om grundvand, overfladevand og stoffer i materiale

Ikke noget om P-ordet

Afsmitning og udvaskning af PFAS – Lars Michael Skjolding, DTU Sustain

Solceller og invertere på stativer (DC-AC)



Solcelleparker



Teknikhus med kobling af invertere fra et delområde og mindre transformator

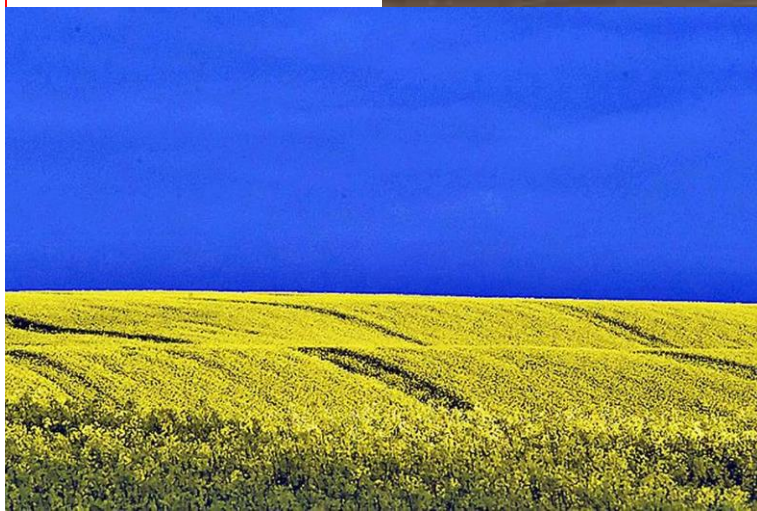
Step-up transformator og lynafledningsmaster Eventuelt off-site



En solcellepark – hvad omfatter det?

- Etablering af adgangsveje og serviceveje
- Etablering af solcelleanlæg – fundering af pæle og opstilling af solpaneler på stativer
Evt. bifaciale eller med tracker
- Nedgravning af jordkabler fra invertere til ca. 20 kV parktransformere
- Nedgravning af jordkabler fra parktransformere til ca. 60 kV forsyningstransformer
- Etablering af tekniske anlæg, herunder invertere og transformere, samt optionelt batterier
- Tilkobling til nærliggende transformerstation fra anlæggets forsyningstransformer
Passage af tekniske anlæg ved nedgravning af højspændingskabel og evt. underboringer
- Etablering af afskærmende beplantning, evt. indhegning med vildtpassager

Ændret arealanvendelse i billeder



Hvilke elementer omfatter ændret arealanvendelse

Påstand: Samme mængde regn, energibalancen og dermed vandbalancen bliver ændret

Landbrugsdriften

- Jordbearbejdning, pløjning, såning, sprøjtning og høst med redskabsbærende udstyr
- Kemiske stoffer og kemikalier
 - Dieseltanke og motordrift, Hydraulikolier
 - Gødskning (kvælstof, fosfor, kalium)
[Svovl, mikronæringsstoffer, staldgødning, afgasset biomasse, slam]
 - Pesticidanvendelse (mest hyppig driftsform)
 - Høst af afgrøden (fjernelse af organisk stof)
 - Effekter af driftsformen (fx tab af organisk stof)

Solcelleparken [anlæg og driftsperioden]

- Ingen jordbearbejdning; ændret vandfordeling; mindsket fordampning
- Kemiske stoffer og kemikalier
 - Kortevarende anlægsfase med dieseltanke, motordrift, hydraulikolier
 - I driftsfasen lidt tilsyn, reparationer mv.
 - Enkelte lukkede anlæg med transformerolier i væsentlige mængder – få om nogen olieskift i driftsperioden
 - Ingen gødskning, ingen pesticider, ingen fjernelse af organisk stof [bortset fra evt. dyr på arealet]

Energianlæg som ændret arealanvendelse

- Der er altid en lokal kontekst for påvirkning af vandbalancer og vandstrømme
- Miljøkonsekvensvurderinger er derfor grundlæggende baseret på tekniske vurderinger af lokale forhold
- Miljøkonsekvensvurderinger udført for 6 stk. Solcelleparker typisk 50 – 160 ha store
- I WSP opdeler vi ”beskyttelse og konsekvensvurdering” i 2 temaer baseret på natur (NBL, bilag IV osv.) og teknik (fysisk, kemisk, hydrologisk påvirkninger)
- Teknikken omfatter stofpåvirkning og ændringer i vandbalancen
- Grundvandsbeskyttelsen baseret på lovfastsatte krav og indsatsbekendtgørelsen:
 - Interesseområder, følsomme områder, boringsnære områder, afstandsforhold
 - Eksisterende og målsat tilstand
- Suppleret med vurderinger af lokale forhold:
 - ”Blue spot” kort, terrænnært grundvand HIP,
 - Jordbundsforhold, Drænforhold, Jordforureninger, Okker risiko
 - Vurdering af påvirkninger og strømninger
- Samlet: en konsekvensvurdering af afsmitning af stoffer, ændringer i vandstrømme og påvirkning af mål

Materialer – Producenternes udfordringer

Generelt et krav om anvendelse af materialer, der sikrer funktionalitet både som overholdelse af normer, kravværdier, og anvendelse af materialer der har lang holdbarhed i et rimeligt barsk miljø – vores udemiljø og klima.

- Temperaturudsving – forskelle i materialernes volumen
over dagen – opvarmning og afkøling
over året – sommervarme, vinterfrost
- Fugt – både afvaskning, udvaskning og vandindtrængning
- UV-stråler – højenergi og kan være ødelæggende for kemiske stoffer
- Ozon og andre indholdsstoffer i luften
- Mikrobiel nedbrydning

Økonomi er naturligvis også en parameter.

Hvor er der ingen eller kun minimal spredning!

Miljøstyrelsens hjemmeside om Grundvandsbeskyttelse med særligt punkt om Solceller på nedenstående link:

<https://mst.dk/erhverv/rent-miljoe-og-sikker-forsyning/drikkevand-og-grundvand/grundvandsbeskyttelse#Solceller>

Miljøstyrelsen beskriver generelt:

Risikoen for afsmitning af miljøfarlige stoffer til grundvandet fra solcelleanlæg vurderes generelt at være lille, men afhænger af hvilke materialer de konkrete solcellepaneler består af.

Miljøstyrelsen henviser til et par faglige rapporter:

[Risiko for grundvandsforurening ved solcellepark - Kildeplads ved Vittarp, VIA University Collage](#) Rapport fra European Energy

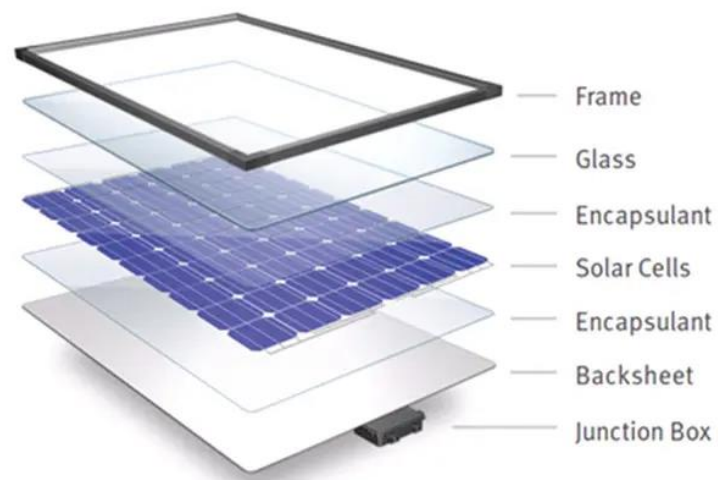
[Mulig udvaskning af PFAS-stoffer fra solcellepaneler, IPU](#). Rapport fra European Energy

Polykrystallinsk silicium oftest anvendte til PV-anlæg

I WSP Danmark bruger vi MST referencenotater, og supplerer med egne viden, undersøgelser og faglitteratur.

Solceller:

- Generelt indkapslet materiale af silicium, glas, kobber, bly og en lang række grundstoffer
- Bagside af polymermateriale
 - Kan være PFAS fluorpolymer (fx PVF, PVDF) eller en ikke PFAS polymer (fx PET, PA)
Kan være en komposit med PFAS polymer indbygget i 3-lags materiale
- Glas ved bifaciale celler



Polykrystallinsk silicium oftest anvendte til PV-anlæg

Hertil kommer komponenter og infrastruktur

Elektronik:

- Svarer til elektronikbokse i byområder – ingen grundvandsrisiko

Kabler:

- Svarer til kabellægninger i byområder – ingen grundvandsrisiko

Transformatorstationer:

- Transformerolier med de krav som sådan et anlæg nødvendigvis skal have jf. miljølovgivningen

Der findes mange amerikanske undersøgelser af total udvaskning fra nedknuste solceller til deponi. De giver anledning til nogen bekymring, men:

Er det relevante data?

Der kan være udfordringer med varedeklarationerne



宸光新材料
Excellence for Delivery

宸光（常州）新材料科技有限公司

物质安全资料表

产品名称: CG105	物质安全资料表编号: MSDS-0002		1
一、物品名称与厂商资料			
物品名称: 玻璃减反射镀膜液 CG105	Varenavn: Glas antireflekterende belægningsopløsning CG105		
供 应 商: 宸光（常州）新材料科技有限公司			
地 址: 常州市新北区常澄路 888 号 302 室 电话: 0519-81237519			
紧急联系电话/传真电话:	制表单位名称:	制表人:	版 次: A2
T: 0519-81237519	宸光（常州）新材料科技有限公司	姓名: 技术部	文件类别: 参考文件
M: 13918725024		制表日期: 2021.8.12	
二、组成/成分资料			
纯物质 <input type="checkbox"/> 混合物 <input checked="" type="checkbox"/>		2. Sammensætning/ingrediensoplysninger	
化学品名称: 二氧化硅低聚体混合物		Rent stof Blanding	
		Kemisk navn: Silica Oligomer Blanding	
化学性质成分	浓度或浓度范围(成分百分比)	CAS NO.	
水	20-40 %	64-17-5	
二氧化硅 SiO ₂	Siliciumdioxid SiO ₂ 2-8 %	7631-86-9	
水性乳液	vandbaseret emulsion 5-10 %	9011-14-7	
醇类溶剂	alkohol opløsningsmiddel 45-65 %	67-63-0	
三、危害辨识资料:			
3. Fareidentifikationsoplysninger			
危害物质分类:	危险		

Kinesisk tegn for Vand – CAS nr for Ethanol

Indhold: Ethanol, Siliciumdioxid, poly-methyl-methacrylat (PMMA eller acrylplast); 2-propanol

Anti-refleks-coating giver ofte anledning til spørgsmål

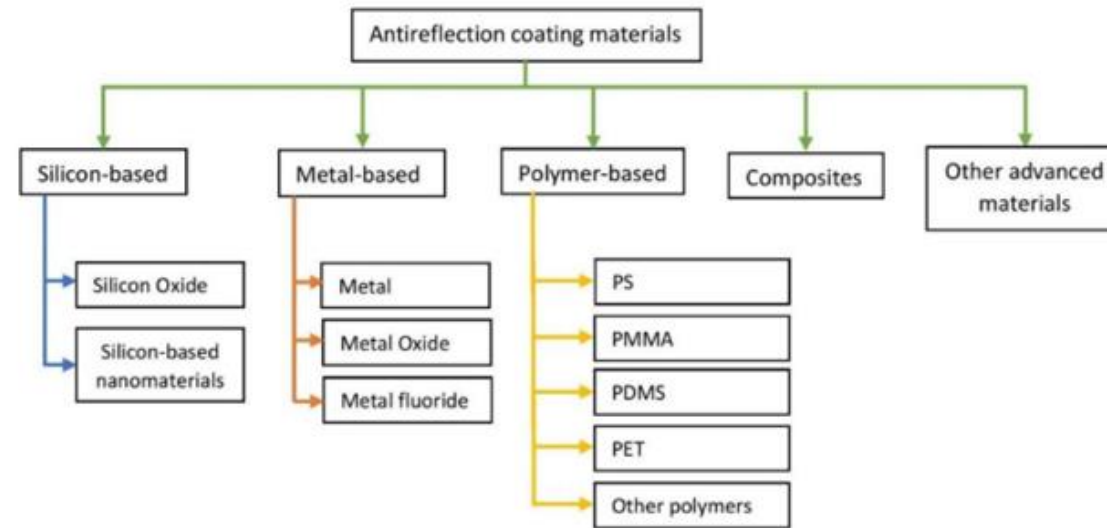


Figure 14. Classification of antireflection coating materials.

Figur 1 Klassifikation af anti-reflex-coating materialer (Shanmugam, 2020)

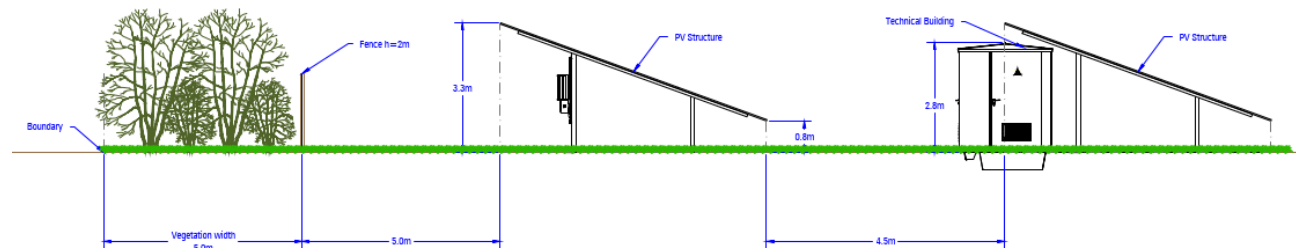
Shanmugam, N. e. (2020). Review - Anti-Reflective Coating Materials: A Holistic Review from PV Perspective. *energies*.



Grundvandsdannelse



Energibalance og placering af infiltrationen



- Solens input af energi vil normalt blive brugt til opvarmning, fordampning af vand, fotosyntese, varmeudstråling osv.
- Solcelleanlæg ”høster” energi og dermed ændres energibalancen og vandbalancen omkring terræn
 - Undersøgelser viser op til 5°C kølere om sommeren, udtørring under PV fladen
 - Både håndtering af vegetation og mikroklimaet under PV fladen påvirker plantebiomassen og biodiversiteten

[Environmental Research Letters - Armstrong et al. 2019: Solar park microclimate and vegetation management effects on grassland carbon cycling]

- Infiltrationen flyttes og øges markant indenfor et ”lille” areal
- Vi ved meget lidt om effekter af disse ændringer – et skøn: 5-10% mere infiltrationsvand
- MEN: Betyder dog mindre når arealerne er stærkt drænedede eller er våde lavbundsjord

Risiko for overfladisk afstrømning

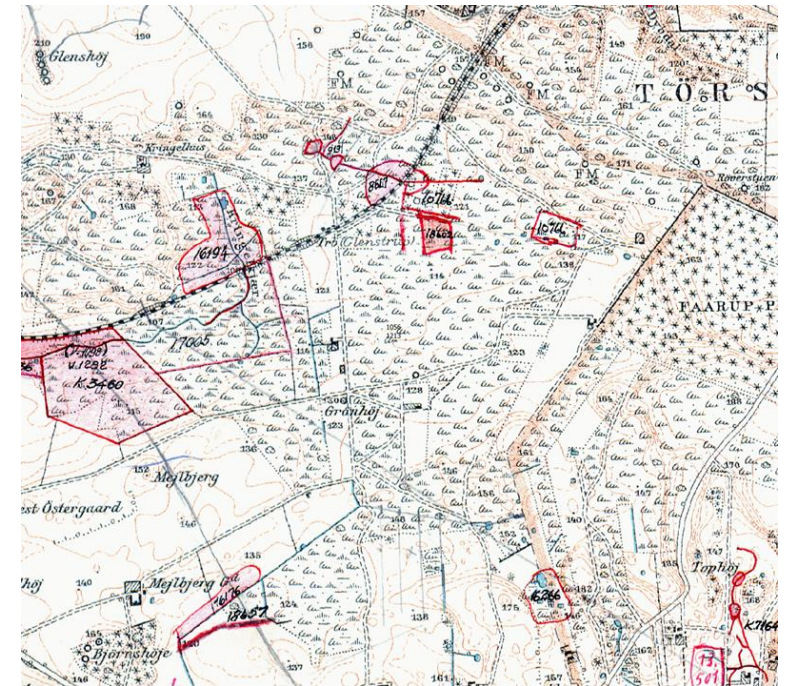
På skrånende arealer og med ensidig afvanding fra paneler:

- Risiko for overfladisk afstrømning
- Afhjælpende foranstaltninger hvis nødvendigt

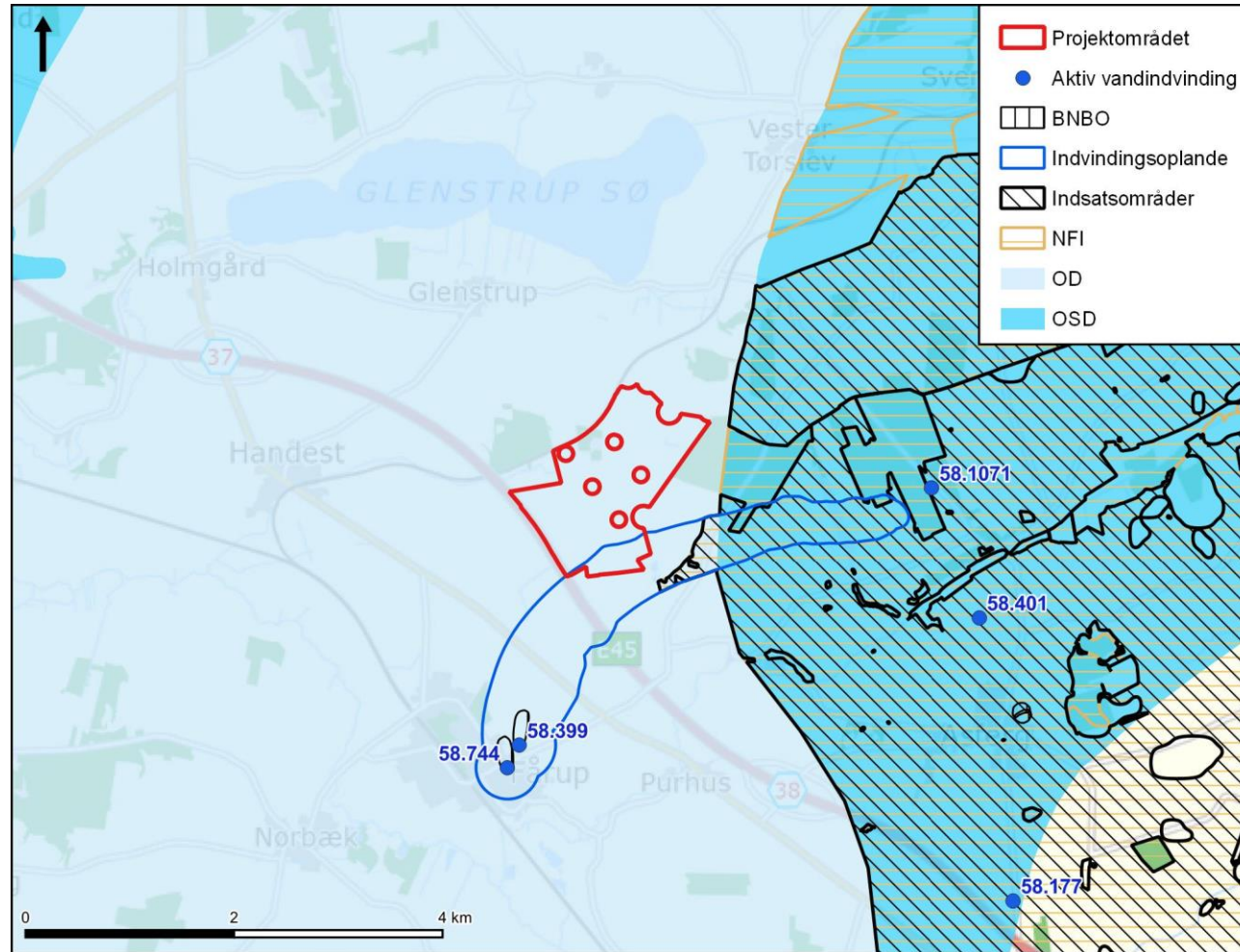


Konkrete forhold og metode:

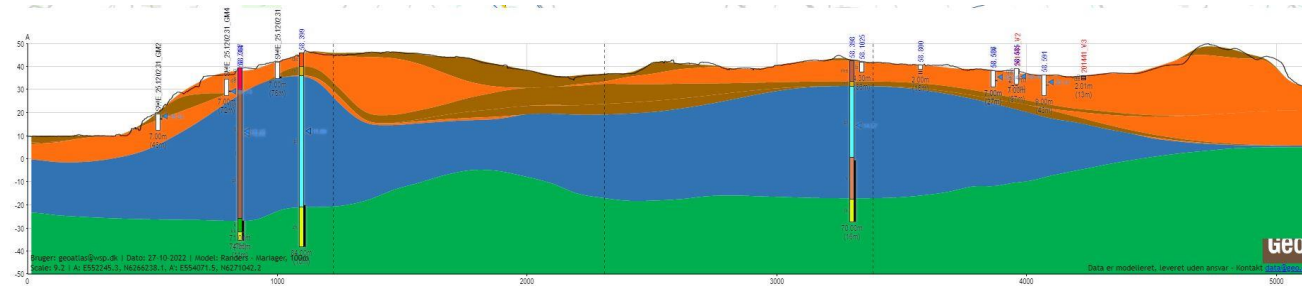
Overfladevand og Drænforhold



Drikkevandsinteresser, indvindingsoplande og sårbarhed



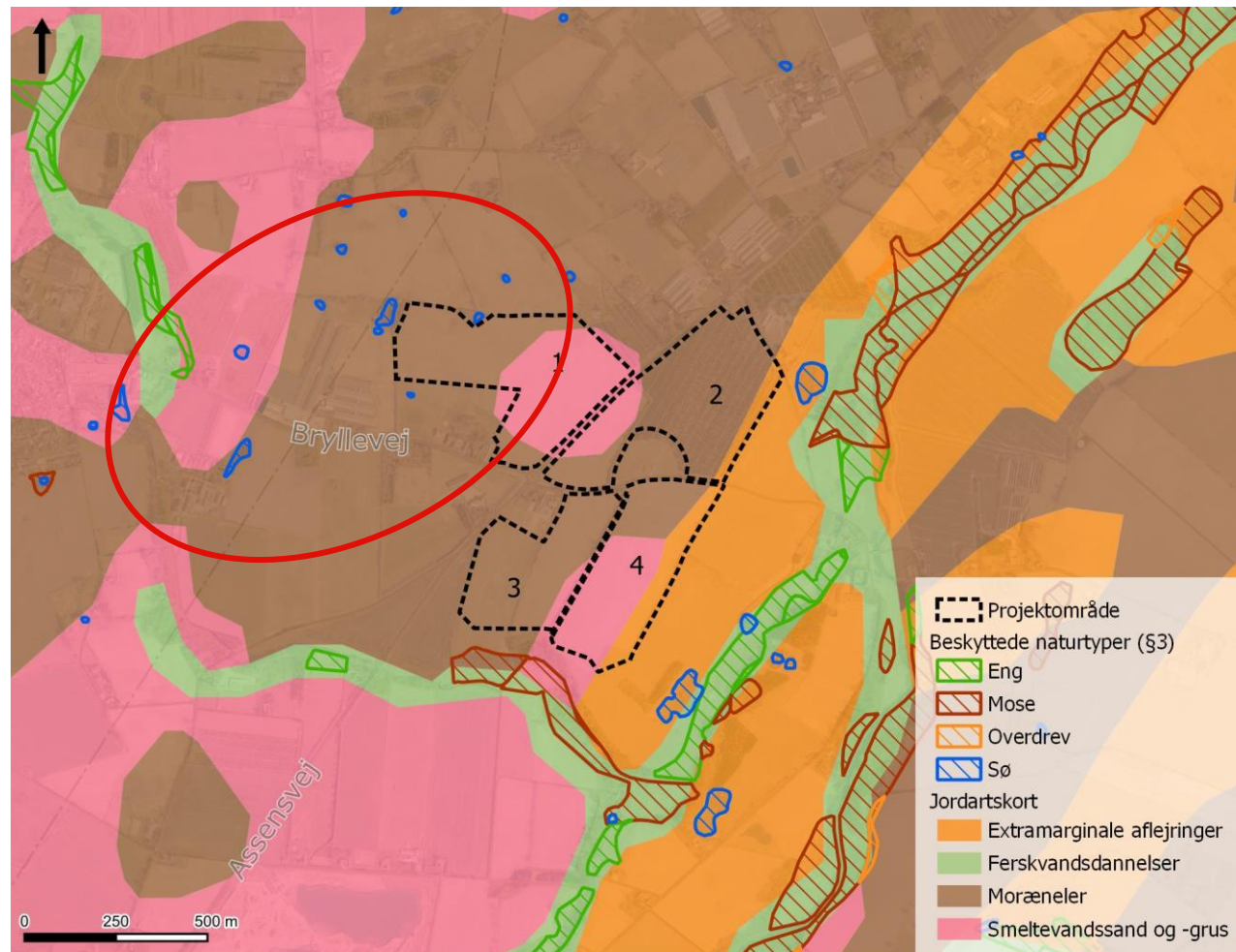
Lokal geologi og drikkevandsindvinding



- Kvartær Ler 1
- Kvartær Sand 1
- Kvartær Ler 2
- Kvartær Sand 2
- Kvartær Ler 3
- Kvartær Sand 3
- Prækvartært ler
- Kalk

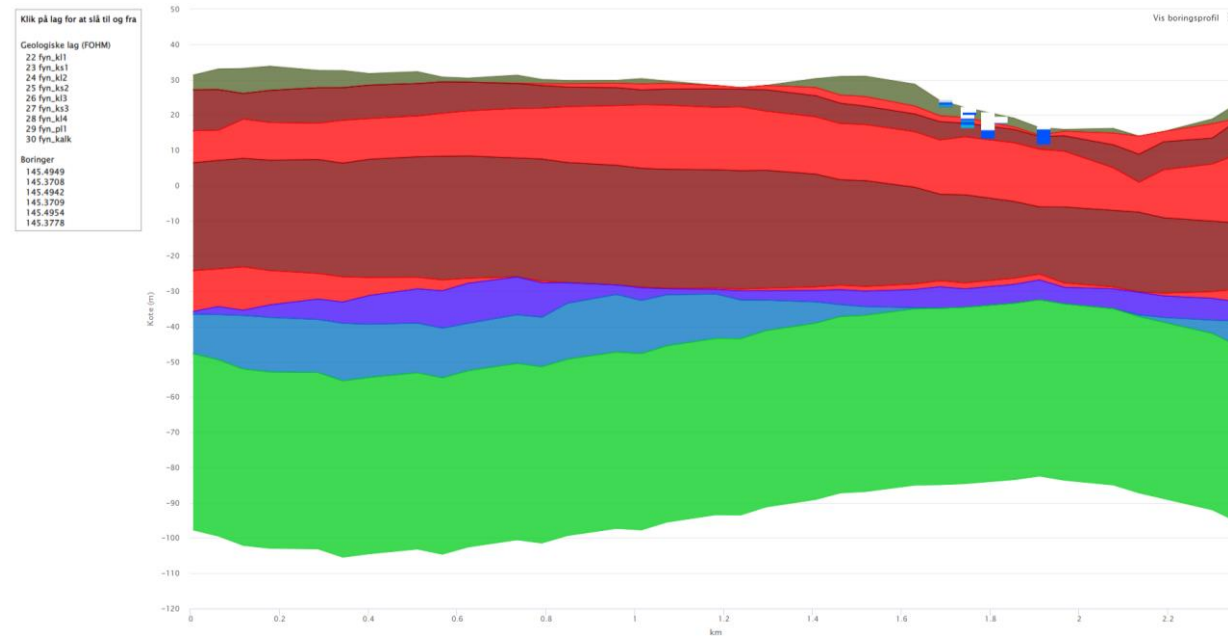


Ny sag: Jordbundsforhold og lokale forhold - jordartskortet

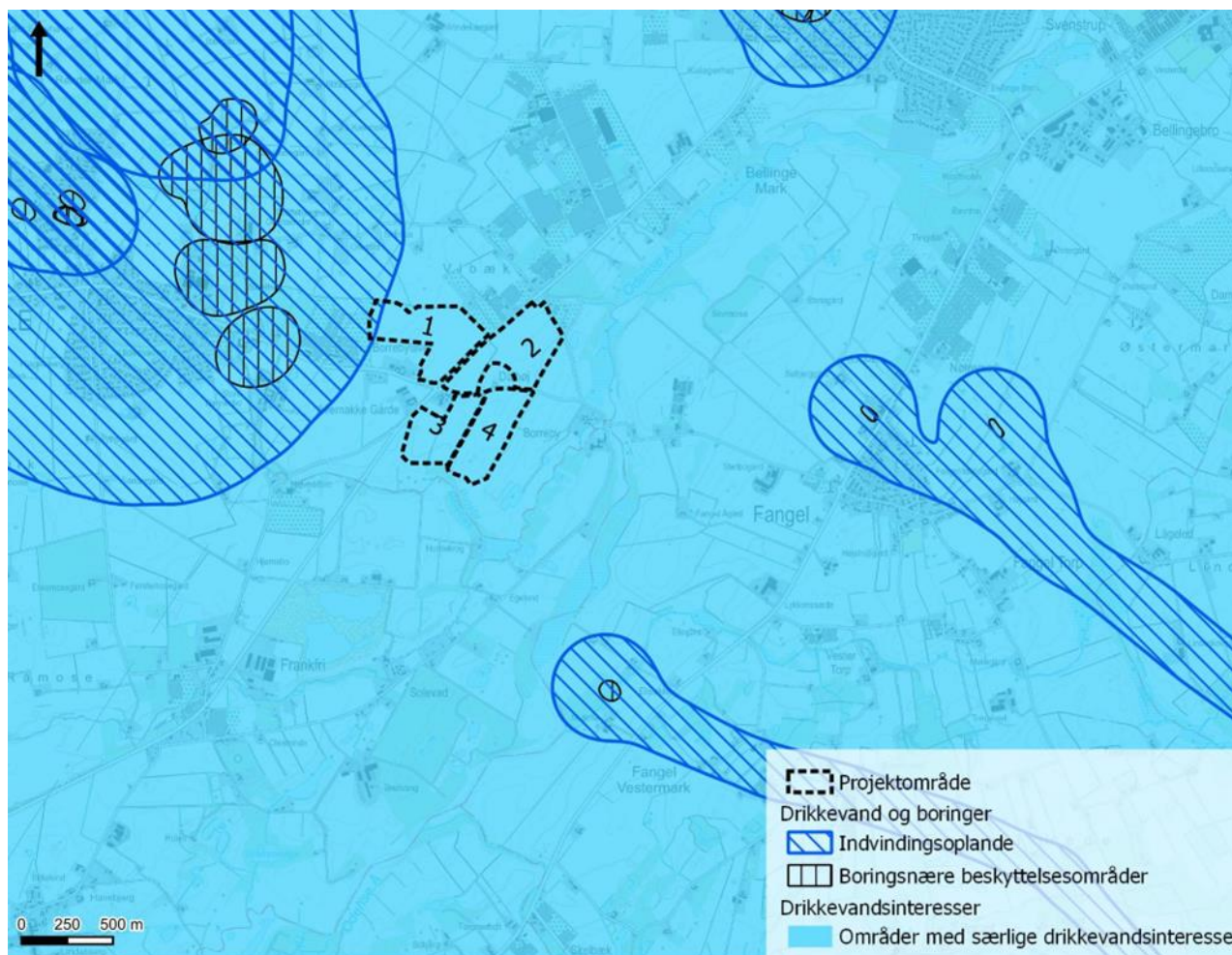


Geologisk opbygning i området

Lokalt ses sandlag terrænnært og som magasin for sekundært grundvand
Indvinding sker fra dybtliggende sandformationer på kalken



Drikkevandsinteresser og Vandplan vurderinger



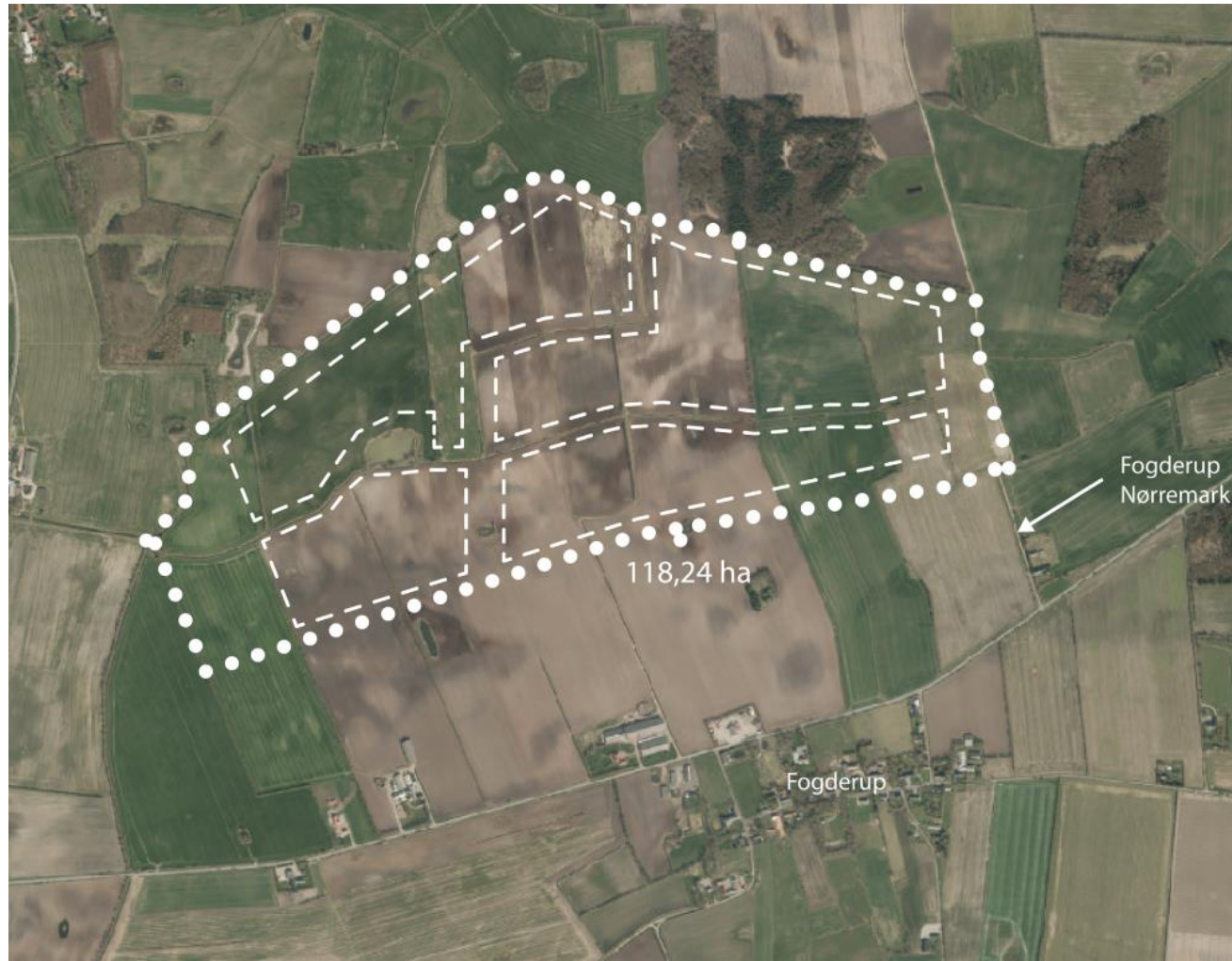
Den regionale og øverste grundvandsforekomst har en ringe kemisk tilstand og god kvantitativ tilstand

Den dybe grundvandsforekomst har god kemisk tilstand og god kvantitativ tilstand.

Miljømålet for grundvandsforekomsterne er god kemisk og god kvantitativ tilstand.

Lokale forhold afgørende

Solcellepark placeret i lavbundsområde
Området er afvandet af grøfter og en pumpestation



Ændringer i arealanvendelse i tal

Hvilke ændringer kan opnås i udvaskning:

Landbrugsarealer i omdrift har en udvaskning af kvælstof på af størrelsesordenen 45 – 60 kg N per hektar (ha.)

Ved ændring af arealanvendelsen til ekstensive anvendelser vil udvaskningen af kvælstof blive reduceret til mellem 1 – 10 kg N per ha det første år, mellem 1 – 6 kg efter 2-5 år og mellem under 1 – 3 kg efter 6-14 år efter udtagningen (DCA, 2020 p. 117).

Reduktionerne i udvaskningen vil dog være afhængige af de lokale jordbunds- og klimaforhold.



Sammenfatning

Anlæg til fremstilling af vedvarende energi ved solceller har følgende egenskaber:

- Kompakte lukkede systemer til energiproduktion med indhold af elektronik baseret på metaller og mineralske råstoffer.
- Har derfor et indhold af en lang række stoffer, men en meget lille afsmitning fra de lukkede konstruktioner
- Infrastruktur af kabelinstallationer svarer til byområdets infrastruktur, og har ekstremt lav afsmitning men dog indhold af beskyttende kemiske stoffer for sikkerhed og lang holdbarhed
- Transformerstationer har olieledede dele, men som tilsvarende industrianlæg er de etableret overjordisk og synligt for inspektion, samt sikret med spildbakke for opsamling af eventuelt spild

- Har positiv effekt på mængden af dannet infiltrationsvand
- Hvis infiltrationsvandet skaber grundvandsdannelse så er der tillige en positiv effekt på mængden af grundvand

Tak for opmærksomheden



Kim Haagenen, Senior Specialist, Civilingeniør (K) - wsp.com

Er solceller grundvandsbeskyttelse ?



Hvad er grundvandsbeskyttelse?

- skal sikre, at dannelsen af grundvand til drikkevand sker uden risiko for forurening!

Indsatsplan for grundvandsbeskyttelse til sikring af rent drikkevand

OSD 1476 - Hvorup

Miljø- og Energiforvaltningen



 Aalborg
Kommune

 Aalborg
Forsyning

Beskyttelse af grundvand til drikkevand

Signe Krogh, Aalborg Forsyning



Behov for drikkevand

Vandværk = produktionsvirksomhed

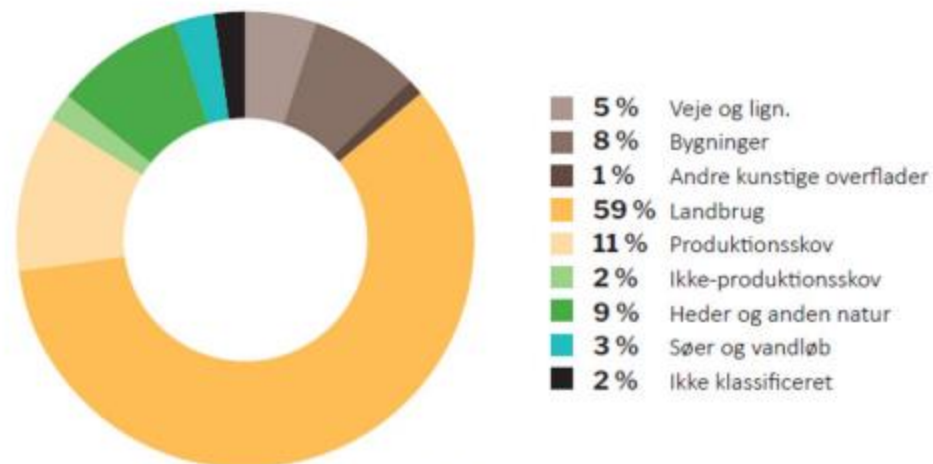
Drikkevand = fødevare

Indvindingsopland = ”forfilter” til anlæg på vandværk

Vandværkerne har behov for rent grundvand til drikkevand



Forvandling i det åbne land



Figur: Forskellige anvendelsestyper af de danske arealer

Aalborg Kommune

Areal	113.700 ha
Landbrug	70.000 ha (62%)
AF (100 års oplande)	4.500 ha (4%)

Planlægning i en brydningstid

- der åbner nye muligheder og kalder på nye løsninger

Planstrategi 2023



Arealanvendelse



Erhvervsområder

Solcelleparker (energianlæg)

Byområder

Landbrugsområder

Natur og skvområder

Hvad er det bedste?

Er der noget, der er bedre end andet?

Er solcelleparker grundvandsbeskyttelse ?



Analyser af grundvandskvaliteten

..... masse screeninger, non-target analyser

**“jo mere jeg ved, jo mere ved jeg,
at jeg intet ved”**

citat Sokrates



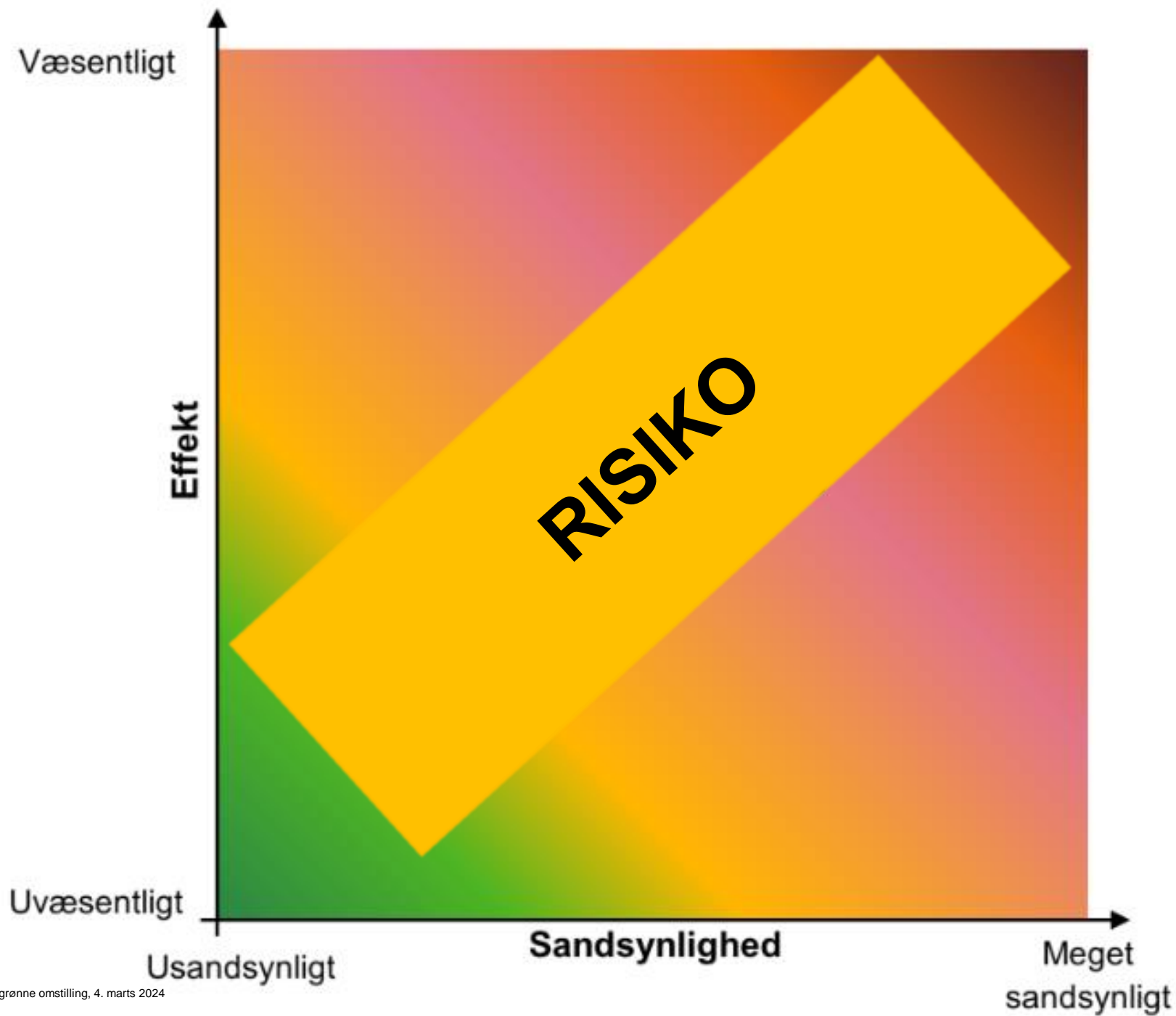
Verdens bedste mulighed for grundvandsbeskyttelse

Vi passer på vores grundvand og beskytter vores drikkevand – det siger vi i hvert fald



Arealanvendelse og synergi





Overvejelser

Grønne områder, natur og skov uden omdrift er den bedste beskyttelse – er det så ikke det vi bør stille efter?

Vores fokus er at producere drikkevand – skal vi så ikke gå efter den bedste beskyttelse?

Vandværkerne må ikke overkompensere – eksempler på køb af jord til 3 gange markedspris

Landbrugserhvervet har brug for driftsarealer til fødevarerproduktion – men det kan en høj jordpris ændre på!?!

En tidligere solcellepark – er det et erhvervsområde?



Tak fordi I lyttede

Det er DIT, MIT og VORES drikkevand



DTU



Kvantificering af PFAS frigivelse og afvaskning fra solceller

Lars Michael Skjolding, Philipp Mayer, Charlotte Scheutz, Anders Baun

DTU Sustain
Department of Environmental and Resource Engineering

Hvem er jeg?

- Lars Michael Skjolding
 - Senior forsker ved DTU Sustain
 - PhD med fokus på effekter af nanomaterialer i økosystemer
- Forskningsfelter/interesser:
 - Udbredelse og effekter af kemikalier i miljøet
 - Nanopartikler/avancerede materialer
 - Industrielle udledninger af spildevand til marine-og ferske vandmiljøer
 - **Miljørisikovurdering af teknologier til at facilitere Den Grønne Omstilling**
- Email: lams@dtu.dk



Eksempler på PFAS i det danske nyhedsbillede



Miljøministeren ser med "stor alvor" på PFAS-forurening, men kan ikke blive konkret på løsning

30. aug 2022 kl. 15:41



Miljøminister Lea Wermelin (S) kunne ikke svare på, hvornår handlingsplanen er klar, og hvad den konkret skal indeholde. Foto: Mads Claus Rasmussen / Ritzau Scanpix

af Ida Marie Lomholt Wismann

Venstre-ordfører kalder samrådet "dødirriterende".

Tirsdag var miljøminister Lea Wermelin (S) kaldt i samråd om de sundhedsskadelige stoffer PFAS.

Her blev hun blandt andet bedt redegøre for, hvad den nationale handlingsplan, som ministeren for to uger siden meddelte, at regeringen vil have, skal indeholde.

Mest sete på tv2.4

- TV 2 Echo: 31-årig I med hest vidste ik jeg ville
- Politik: Live F beder om Elleman
- Krigen i U: Live B efterfors dronean
- Tennis: Forarget Djokovic



INDLAND

Partier vil have regeringen op i tempo og ind i kampen mod PFAS: Heunicke bør rydde alt andet af skrivebordet

Regionerne efterlyser flere penge til opgaven, hvis vi for alvor skal rykke på PFAS.



Eksempler på PFAS i det danske nyhedsbillede



INDLAND

Tonsvis af jord fra en af landets mest forurenede grunde endte hos Nordic Waste

Ekspert frygter, at PFOS-forurenet jord hos Nordic Waste kan ødelægge vandmiljø.



Miljøministeren ser med "stor alvor" på rening, men kan ikke blive i løsning

Mest sete på tv2.4

- TV 2 Echo: 31-årig I med hes vidste ik jeg ville
- Politik: Live F beder or Elleman
- Krigen i U: Live B efterfors dronean
- Tennis: Forarget Djokovic

og S:

alvor

Der kan være jord med PFOS blandet ind i jordskredet ved Nordic Waste, lyder bekymringen. (Foto: © Morten Lerkenfeldt Sørensen, DR)

Tabel 1. Gældende grænseværdier for PFAS i miljøet (2023)

Forkortelser: Årligt gennemsnit (AA); Maksimalt tilladt koncentration (MAC); tør vægt (dwt); våd vægt (ww).

Compartment	Unit	Compound		
		PFOS	Sum of 4 PFAS ¹	Sum of 22 PFAS ²
Waste water sludge	µg/kg (dwt)		10	400
Soil	µg/kg (dwt)		10	400
Groundwater	ng/L		2	100
Drinking water	ng/L		2	100
Surface water (fresh)	ng/L	0.65 (AA) 36000 (MAC)		
Surface water (marine)	ng/L	0.13 (AA) 7200 (MAC)		
Biota	µg/kg (ww)	9.1		

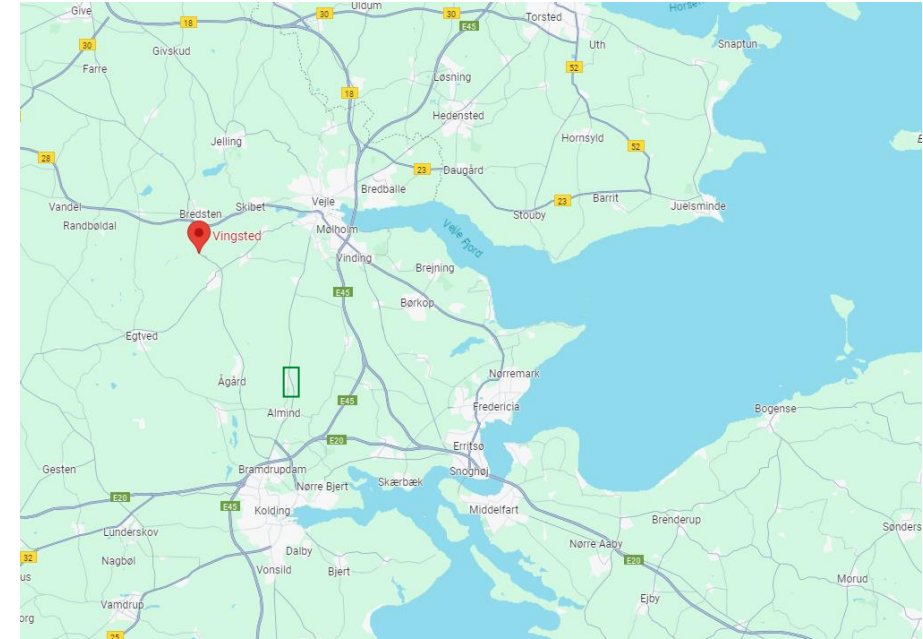
¹PFOA, PFOS, PFNA and PFHxS.

²PFBS, PFPeS, PFHxS, PFHpS, PFOS, PFNS, PFDS, PFUnS, PFDoS, PFTrS, PFOSA, 6:2 FTS, PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFDoDA and PFTrDA.



Case study

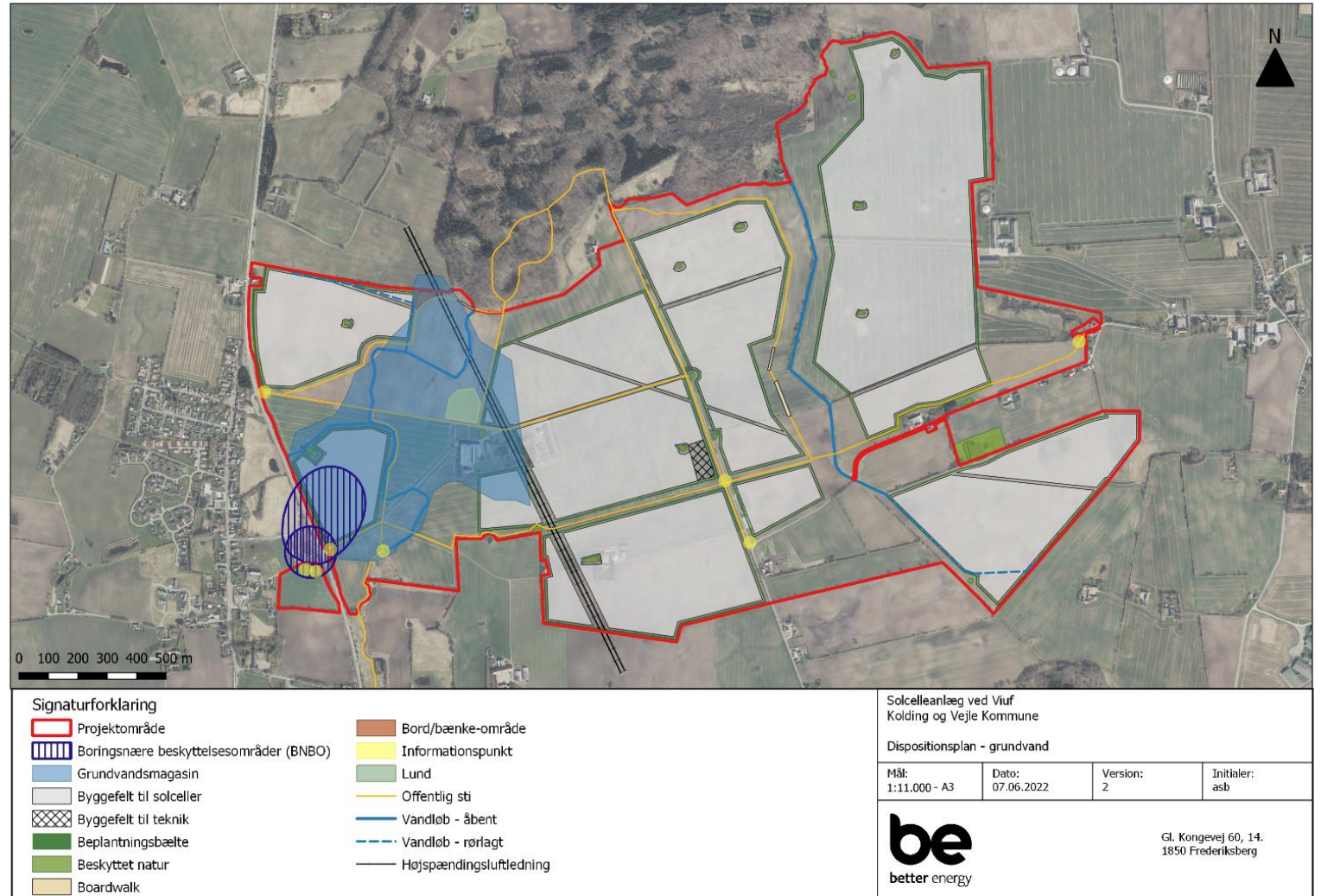
- Den Grønne Omstilling – Solceller til elektricitet
- Import af solceller fra Kina
 - Ingen fuld beskrivelse af materialer og kemikalier
- Kolding Kommune
 - Beskyttelsesområder i forbindelse med drikkevandsboringer, anvendelse til VE projekter fremfor landbrug
 - Viuf området planlagt solceller på cirka 110 hektar svarende til 257.000 moduler
 - Forventet udvidelse for at opnå mål om 50% vedvarende energi frem mod 2030 (per 2023, cirka 15% vedvarende energi)





Case study

Projektbeskrivelse og formål

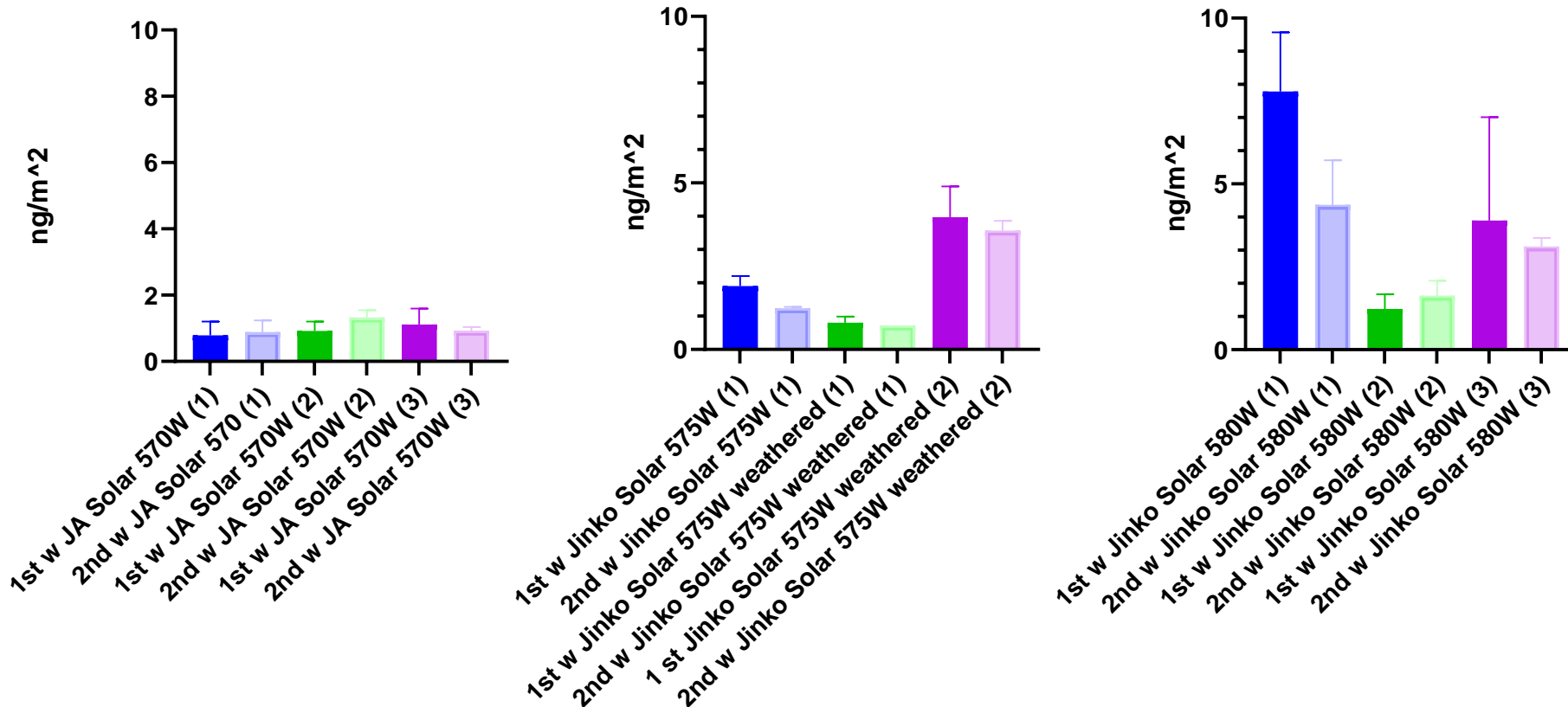




Case study

Gennemsnitlig genfindelse med ekstraheringsmetoden for 17 PFAS stoffer $95 \pm 17\%$ (tilføjelse af 10 ng/serviet af 17 PFAS standarder).

Frigivelse af PFHxA ved første og anden aftørring (screening)



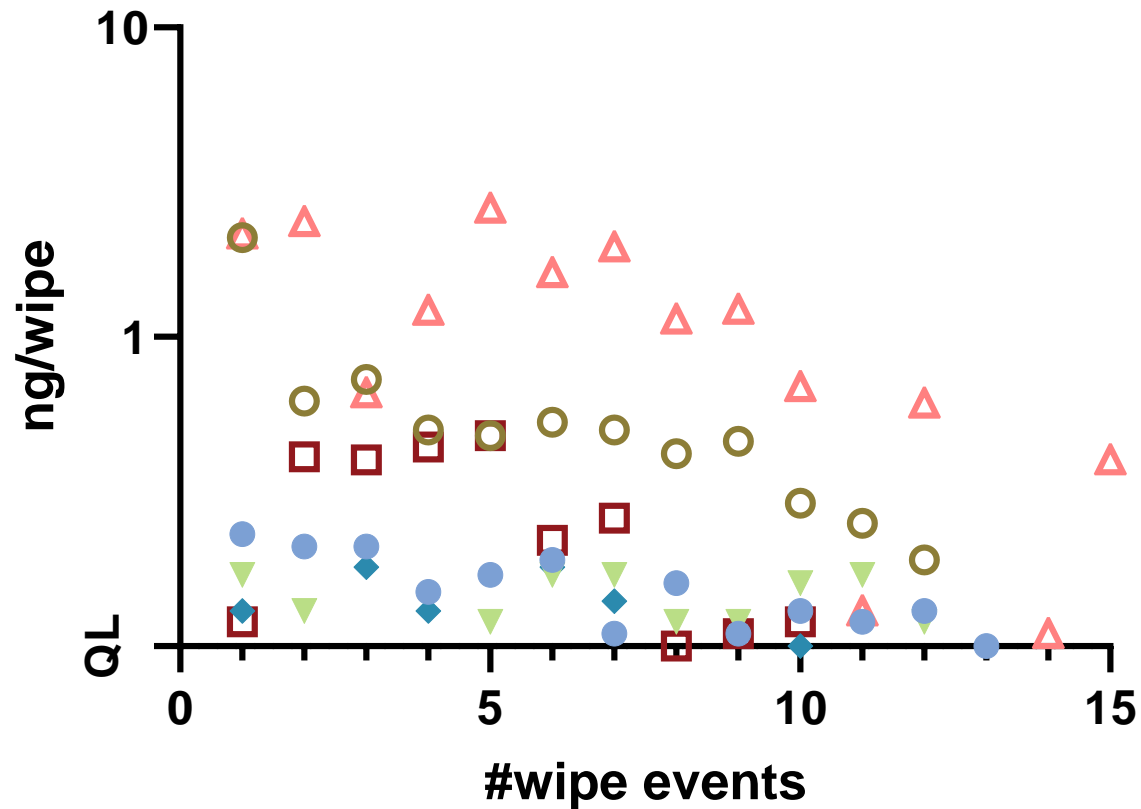
Opsummering – metode udvikling og screening

- Succesfuld udvikling og implementering af en metode for aftørring og ekstrahering af PFAS fra solceller med tilfredsstillende genfindelse
- Målbar deposition (tør og våd) fra miljøet i tilfælde af længere perioder uden regn – 2 måneder uden regn vs tilbagevendende regn
- Signifikante forskelle i afgivelse fra forskellige typer/modeller af solceller
 - Første og anden aftørring var signifikant forskellige fra baggrunden for 2 ud af 17 PFAS stoffer (PFPeA, PFHxA)
 - Hvor meget PFAS blive frigivet per solcelle i des levetid?
- Udgør den forventede frigivne masse af PFAS en risiko for overskridelse af jord og grundvands kriterierne?



Case study

Total frigivne masse af PFAS i solcellens levetid



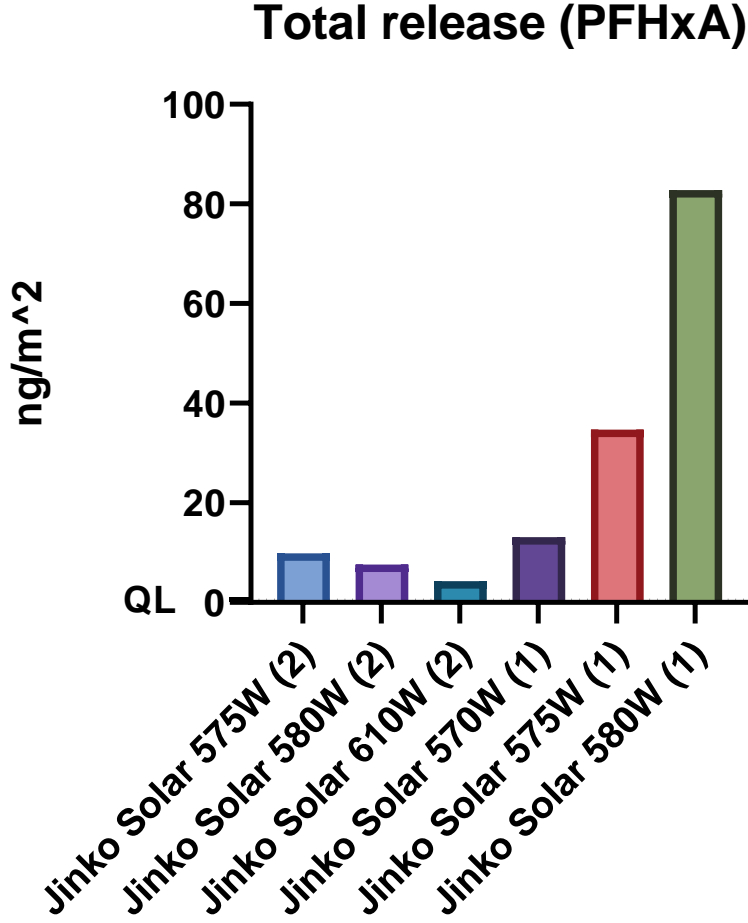
- Jinko Solar 575W (2)
- ▼ Jinko Solar 580W (2)
- ◆ Jinko Solar 610W (2)
- Jinko Solar 575W (1)
- Jinko 570 W (1)
- △ Jinko Solar 580W (1)

*Jinko Solar 600W and 605W var <QL for alle målte servietter

Total frigivne masse af PFAS i solcellens levetid



Case study



*Jinko Solar 600W and 605W var <QL for alle målte servietter



Case study

Scenarier for frigivelse til jord og grundvand

- Antagelser for frigivelse og udbredelses scenarier
 - Samlet masse frigivet i er baseret på målinger over kvantificeringsgrænsen (0.1 ng/serviet)
 - Udbredelses scenarier
 - Alt frigivet PFAS transporteres direkte til grundvandsmagasinet og fordeles jævnt her i
 - Alt frigivet PFAS forbliver i de øverste jordlag
 - Koncentration i drikkevand er baseret på et årligt gennemsnit af de seneste 6 års indvundne vand mængde fra Viuf vandværk
 - Alt frigivet PFAS fortyndes jævnt i den samlede indvundne vand mængde



Case study

	Grundvand der potentielt kan forurenes til grænseværdien [100 ng/L]	Koncentration i drikkevand	Antal gange lavere end grund/drikkevands kriteriet	Højden af ovenstående vand forurenet til grænseværdien	Fortyndingsfaktor af den ovenstående vandmængde med årligt nedbør
	m ³	ng/L		mm	
JA Solar 570W	6.8	0.018	5500	0.010	50000
Jinko Solar 575W	18	0.048	2100	0.027	19000
Jinko Solar 580W	43	0.11	880	0.065	8000



Case study

	Grundvand der potentielt kan forurenes til grænseværdien [100 ng/L]	Koncentration i drikkevand	Antal gange lavere end grund/drikkevands kriteriet	Højden af ovenstående vand forurenet til grænseværdien	Fortyndingsfaktor af den ovenstående vandmængde med årligt nedbør
	m ³	ng/L		mm	
JA Solar 570W	6.8	0.018	5500	0.010	50000
Jinko Solar 575W	18	0.048	2100	0.027	19000
Jinko Solar 580W	4	0.11	880	0.065	8000

Koncentrationen i regnvand i Danmark er i cirka 1-2 ng/L

Opsummering - screening

- Af de målte 17 PFAS forbindelser blev der fundet 4 forbindelser i koncentrationer højere end kvantificeringsgrænsen for 2 ud af 6 miljøbaggrundsprøver for perioden på cirka 2 måneder uden regn
 - PFHxS, PFOA, PFNA, PFOS
 - Miljøbaggrundsprøverne i de øvrige måle kampagner viste ingen prøver med koncentrationer af de 17 PFAS forbindelser over kvantificeringsgrænsen

- Af de målte 17 PFAS forbindelser blev der fundet en PFAS forbindelse over kvantificeringsgrænsen i alle tre solcelle typer (første batch)
 - PFHxA (36 ud af 45 servietter) og PFPeA (7 ud af 45 servietter, kun fundet over kvantificeringsgrænsen i Jinko Solar 580W)

- "Naturlig" deposition (våd og tør) af de 17 PFAS forbindelser i Lyngby området estimeres til at være i størrelsesordenen 100-500 gange højere end det samlede bidrag fra de testede solceller
 - Relativ stor usikkerhed da det kun var muligt at kvantificere den miljømæssige baggrund i en af måle kampagnerne
 - Udvidelse af data grundlag iværksat

Opsummering – masse estimering

- Total masse estimering af PFHxA muligt indenfor 15 aftørringer af samme overflade
 - Første batch, JA Solar 570W (10 aftørringer) < Jinko Solar 575W (12 aftørringer) < Jinko Solar 580W (14-15 aftørringer)
 - Anden batch, Jinko Solar 600 & 605 W (<QL) < Jinko Solar 610W (7 aftørringer) < Jinko Solar 580W (12 aftørringer) < Jinko Solar 575W (13 aftørringer)

- Markant forskel i frigivelsen af PFHxA fra forskellige typer af solceller
 - Første batch, JA Solar 570W (13.1 ng/m²) < Jinko Solar 575W (34.7 ng/m²) < Jinko Solar 580 W (82.8 ng/m²)
 - Anden batch, Jinko Solar 600 & 605 W (< QL) < Jinko Solar 610W (ng/m²) < Jinko Solar 580W (7.6 ng/m²) < Jinko Solar 575W (9.9 ng/m²)

- Frigivelse af PFPeA blev kvantificeret i 7 ud af 15 aftørringer for første batch af typen Jinko Solar 580W (første batch)
 - Niveau under kvantificeringsgrænsen efter 9 aftørringer

Opsummering – jord/grundvandsscenarioer

- Alle udbredelses scenarier for grund/drikkevand (100 ng/L) resulterede i 880 – 5500 gange lavere koncentrationer end de gældende grænseværdier for grund/drikkevand (første batch)
 - Skærpede vejledende grænseværdi for PFAS i overfladevand på 4.4 ng/L (MST 15 december, 2023)
- Usikkerhed i forhold til varierende mængde af PFAS fra batch til batch
 - Batch 1, 5 til 10 gange højere niveau end batch 2
- Udvikling af realistiske scenarier og antagelser
 - Acceleret udvasking i forhold til udvaskning med regnvand/forsøgsfacilitet etableret
 - Rate af nedsivning fra jord til grundvand
 - Adsorption til jord ved forskellige jordprofiler
- Usikkerhed i forhold til kommende teknologier og anvendelse af ”ioniske væsker”
 - Generation III & IV



Kolding
Kommune



Tak for opmærksomheden og
tak til Better Energy A/S og Kolding
Kommune for samarbejde og
projektmidler

For opfølgende spørgsmål og kontakt
Lars Michael Skjolding
lams@dtu.dk

Biosolutions og Jordbrug – hvordan kan grønne løsninger i jordbruget påvirke grundvandskvaliteten?

Hans Christian Bruun Hansen

Department of Plant and Environmental
Sciences, KU

haha@plen.ku.dk

UNIVERSITY OF COPENHAGEN



Outline

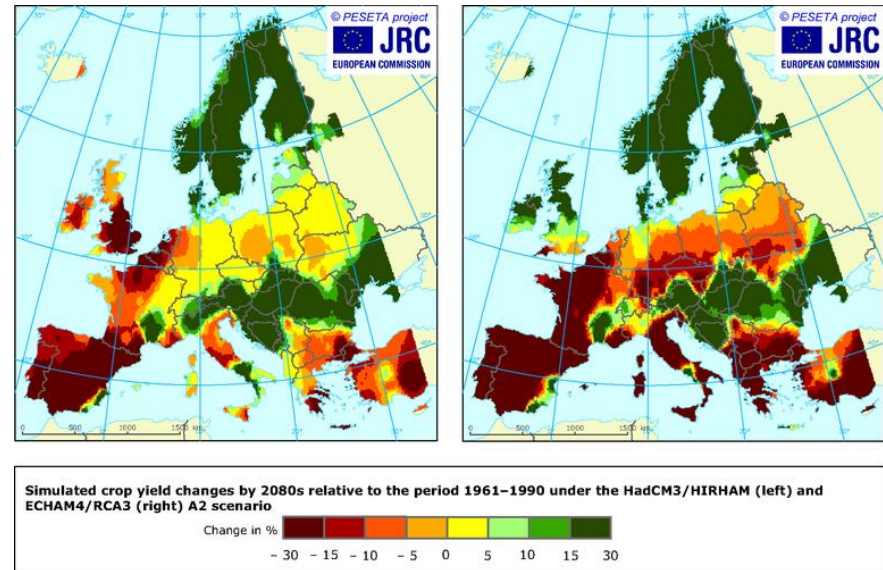
- Fremtidig arealanvendelse
- Randbetingelser
- Grønne løsninger incl. biosolutions
- Bioaktive stoffer fra planter
- På forkant - risikovurdering
- Case 1: Nye afgrøder, flere bælgplanter
- Case 2: Biopesticider → saponiner
- Case 3: Nitrifikationshæmmere → sorgoleon
- Case 4: Biokul



Hvad skal vi bruge landet til?

- Fødevarer og foder
- Råstoffer til (biotech) industrien: Stivelse, proteiner, fibre, enzymer osv.
- Biobrændstoffer
- Kulstofbinding incl. biokul, lavbundsjord, skov
- Biodiversitet incl. forbedret jordkvalitet
- Naturparker, grønne områder, rekreation
- Klimatilpasning, opstuvning af vand
- Råstoffer (grus, sand), infrastruktur, byer, sommerhuse, solpaneler, mm.
- Vandrensning, drænvand, Drikkevandsbeskyttelse og dannelse.

Krav til multifunktionalitet!



Randbetingelser og grønne mål

- Kima: Varmt med både meget vand og tørke
 - nye tilpassede planter
 - økosystemer incl. jord med ændrede virkemåder
- Forbedret jord- og vandmiljøkvalitet (WFD, Soil Law)
- Zero pollution
- Bæredygtigt jordbrug incl. recycling – form to fark
 - Reducere resource/energi forbrug, ex. reduceret jordbehandling, grønne marker.
- Skærpede mål for klimagas-emissions reduktion

Bio solutions are composed of biological products that are anchored in bio-tech, i.e., **they utilize living organisms**, including enzymes, microorganisms, bacteria cultures, pheromones, etc. for concrete applications and products ….. to enable sustainable transformations such as emission reductions (Alliance of Biosolutions, 2022).

Alternative proteiner, enzymer (f.ex. vaskemidler), biogas, bioplast, probiotics



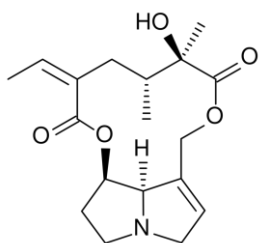
Vi må forvente at grønne areal-løsninger vil gavne grundvandskvaliteten på lang sigt

- Mindre **pesticid**-anvendelse og mere skånsomme pesticider (f.ex. biopesticider)
- Mindre udvaskning af **nitrat** (lavere dosering, mindre areal, grønne marker, andre afgrøder, bedre kontrol)
- Mindre **tungmetal** belastning (færre svin)
- Færre **veterinære lægemidler** (mindre gylle)
- Større **drikkevands-indvindingsområder** der er beskyttede – indsatsplaner
- **Ændret jordbehandling** og visse additiver (f.ex. biokul) vil bidrage til jordens filterevne

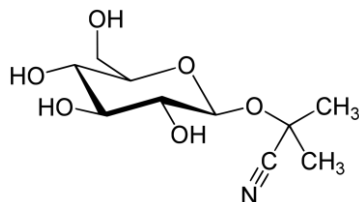


Bioaktive stoffer fra planter

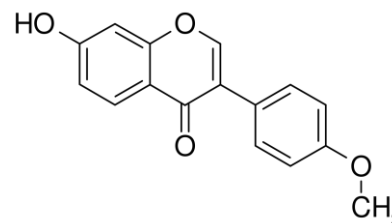
- Mere end 50.000 forskellige forbindelser
- Mange af stofferne er biologiske våben som del af plantens forsvar mod konkurrenter og patogener
- Stofferne produceres op til 100+ kilograms pr hektar pr. år.
- Planter udgør kontinuære kilder af stofferne i væsksæssonen; oftest nær vandressourcer
- Vandopløselige forbindelser dominerer ($\log K_{ow} < 0$ to 3), mens nedbrydningsrater varierer meget
- Tokicitet varierer fra lav til høj
- Koncentration i overfladevand fra ng/l til mg/l
- Oftest mange stoffer samtidigt



Senecionine
(alkaloid)



Linamarin
(cyanogenic glycoside)



Formononetin
(isoflavone)

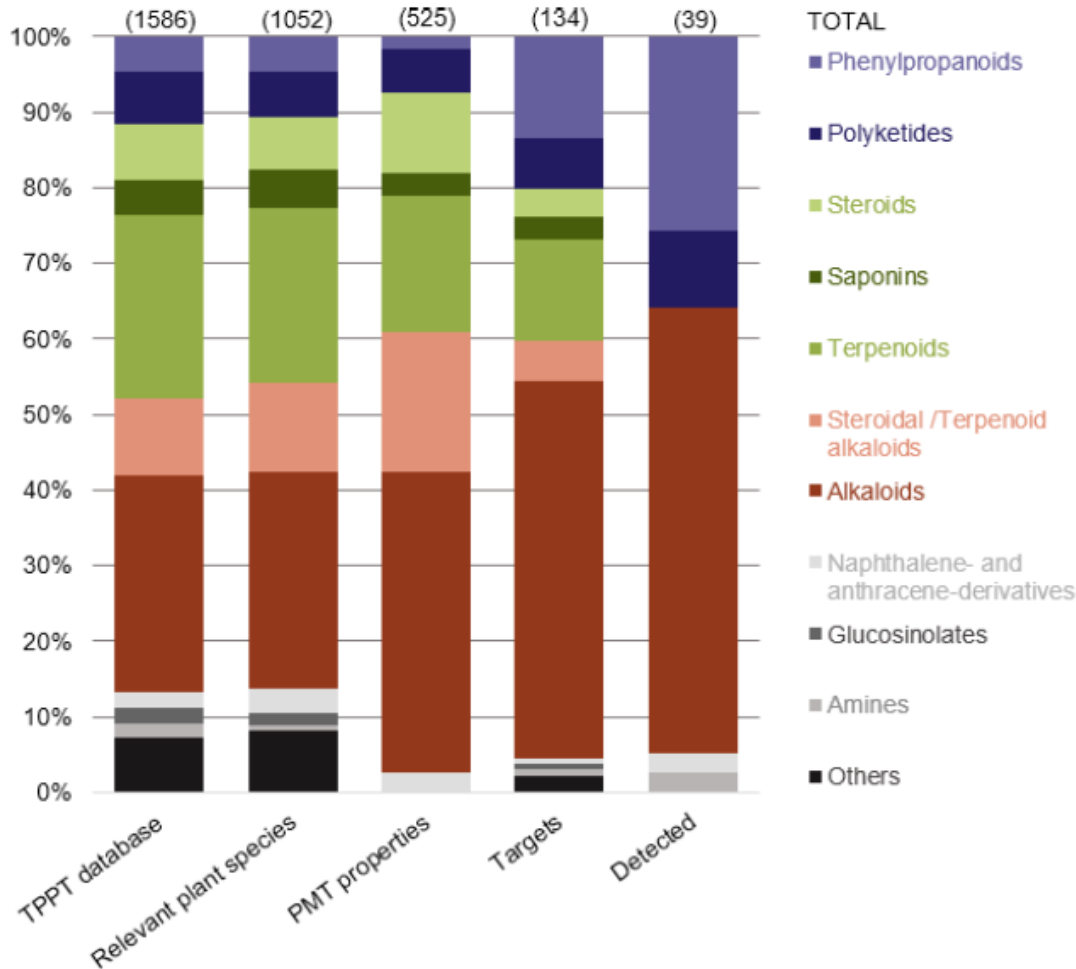


Bioaktive stoffer fra kilde til postevand



Hvordan kan bioaktive stoffer ende i vandhanen?

Plante-bioaktive stoffer – alkaloider dominerer når vi begynder at måle



Schweizisk undersøgelse af plante-bioaktive stoffer i vandløb

- Database over planter i floraen, der indeholder bioaktive stoffer
- Blandt disse er ca. 1/3 persistente, mobile og toksiske (PMT)
- Der er valgt 134 ud som der er målt for i vandløb.
- Blandt disse blev fundet 39, og hovedandelen er alkaloider.

Hvad har vi målt i overflade- og grundvand?

Toxin	Kilde	Vandtype	Konc. ng/L	Toxicitet	LD ₅₀ mg/kg
Illudan-glycosider	Bregner, f.eks. ørnebregne	Overflade, grundvand	5300 750	Carcinogen	-
Isoflavonoider	Bælgplanter, f.eks. Soya, kløver	Overfladevand	280	Hormonforstyrrende	(100)
Koumariner	Græsser, bynke, træer (ask)	Overfladevand	1700	Lever toxin	300
Pyrrolizidin alkaloider	Asteraceae, fx brandbæger	Overfladevand Grundvand	529×10 ³ 230	Lever toxin	50
Quinolizidin alkaloider	Bælgplanter, f.eks. Soya, lupin	Overfladevand Jordvand	820 1500	Neuro toxin	25
Piperidin alkaloider	Gifftyde (coniin)	Overfladevand	400	Neuro toxin	8
Andre alkaloider	Amaryllidaceae (lycorin, narciclasin...)	Overfladevand	3300	Neuro toxin	100

For overfladevand indeholder prøverne altid mindst ét naturstof

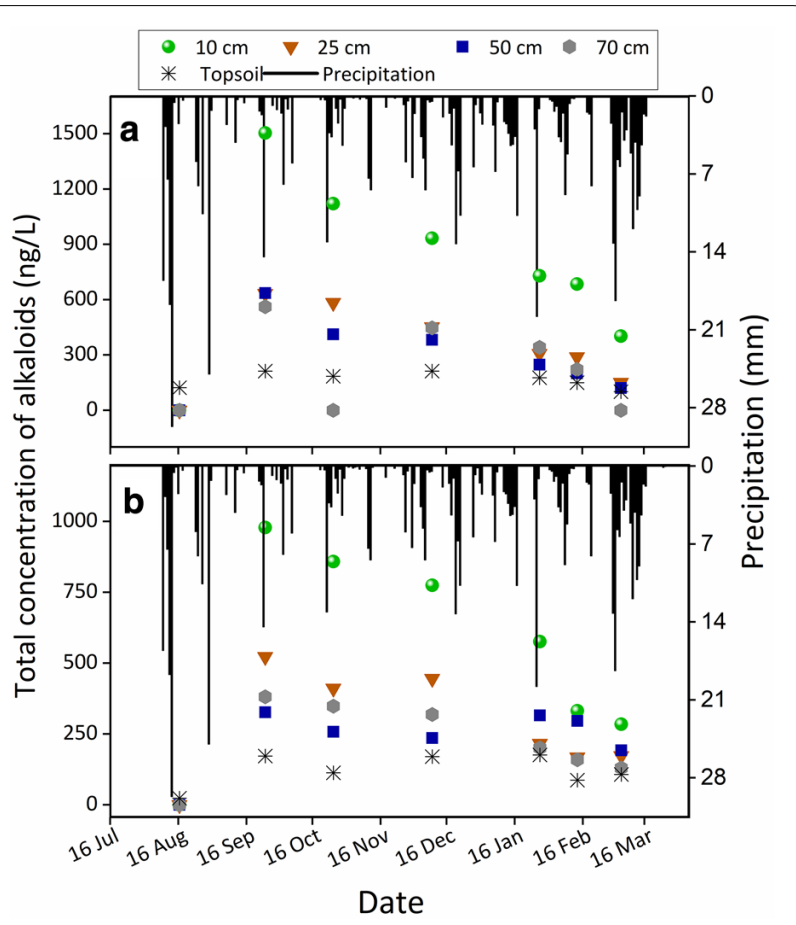
På forkant – risikovurdering, tryghed og forbruger acceptans

- Biosolutions:
 - stort potentiale m.h.t. klima
 - arbejder direkte med biologien, som er kompleks, sensitiv
 - meget begrænset kendskab til effekterne på sundhed og miljø
- En biosolution skal afprøves og testes før den er grøn
- Rettidig omhu – behov for **nye værktøjer**, data og certificeringer, og ikke mindst regulering
- Forbruger bevidsthed; hvad er areal/grundvands-footprint af vore valg?



Case 1: Nye afgrøder

- Foodshift: mindre kød, mere plante, klimatilpasede, mindre ressourcekrævende
- Vi skal have proteiner → bælplanter, quinoa
- Vi taler om alkaloider (og nitrat)

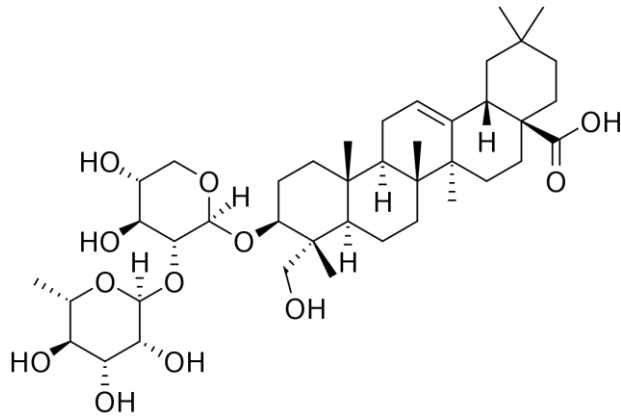


- Udvaskning af lupin alkaloider fra gul (a) og blå (b) lupin.
- Jordvandskoncentrationer højest i efteråret – op til ug/L
- Kun en ringe andel af lupin alkaloiderne passerer fra lupin ned i Jorden.
- Stofferne "overlever" længe efter høst

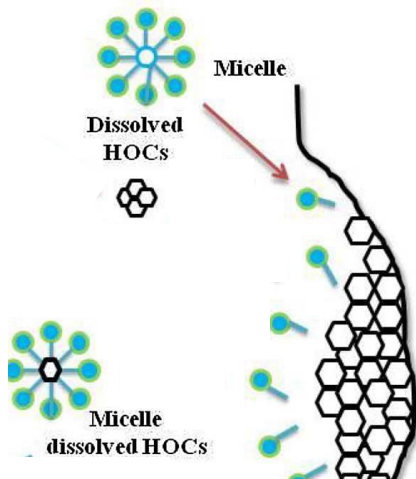
Case 2 Biopesticider - saponiner

Biopesticider: planteekstrakter, mikrober, gener (f.eks. Bt), RNAi

Mange plante-bioaktive stoffer kan anvendes som pesticider (oftest insecticider), f.eks. saponiner, alkaloider, phenoler, terpenoider, pyrethriner

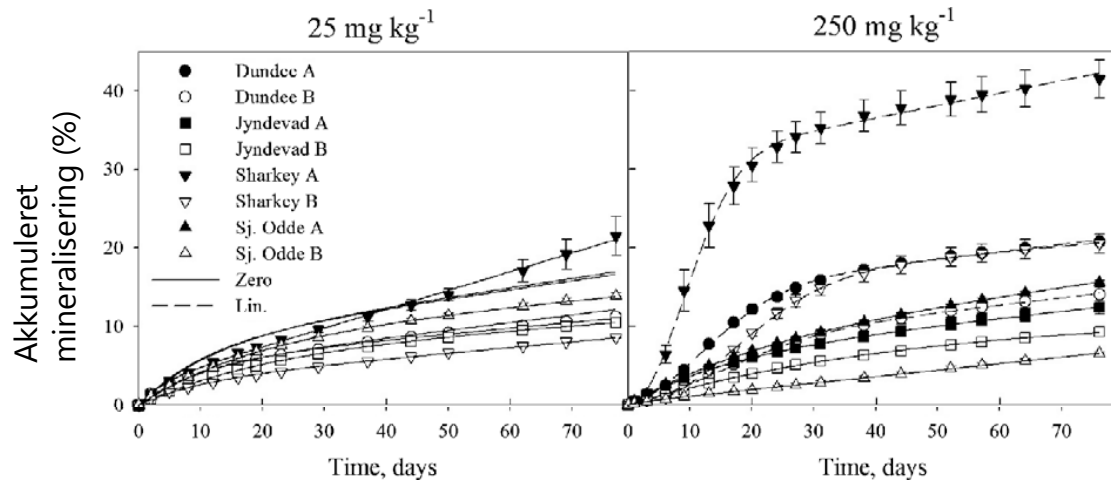
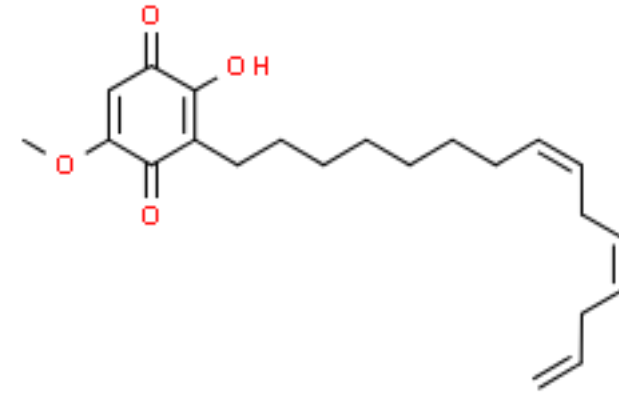


- Saponiner består af en aglycon + konjugerede sukkerstoffer
- Sæbestoffer (surfactanter)
- Produceres af et stort antal almindelige planter
- Insecticider
- Kan ramme non-target organismer
- Ringe toksicitet for mennesker
- Sorberes relative stærkt og nedbrydes hurtigt i jord
- **Transportører** af ikke-polære stoffer (PAH'er, pesticider...) og tungmetaller til dybere jordlag og evt. grundvand

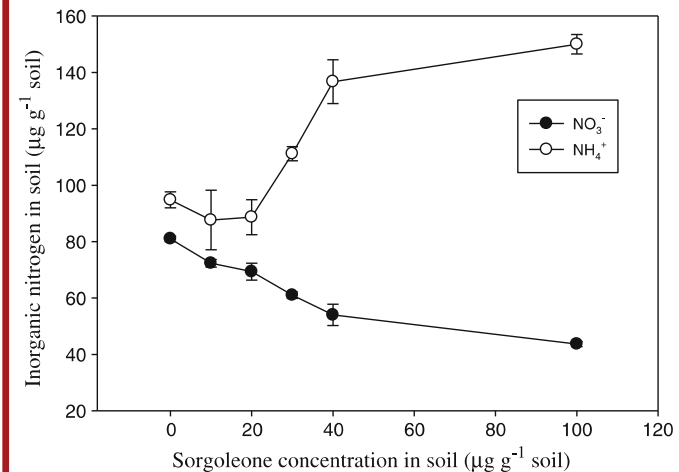
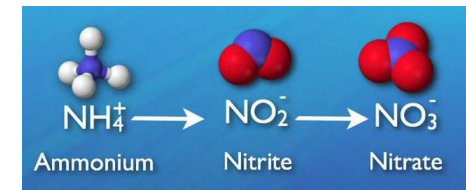


Nitrifikationshæmmere - sorgoleon

- Produceres af sorghum (Durra) rødder
- Velkendt som biopesticid og som nitrifikationsinhibitor (inhiberer nitrificerende mikroorganismer)
- Redox-aktivt (quinon-grupper)
- Høj Log K_{ow} (ca. 6) – bindes stærkt i jord
- Nedbrydes langsomt



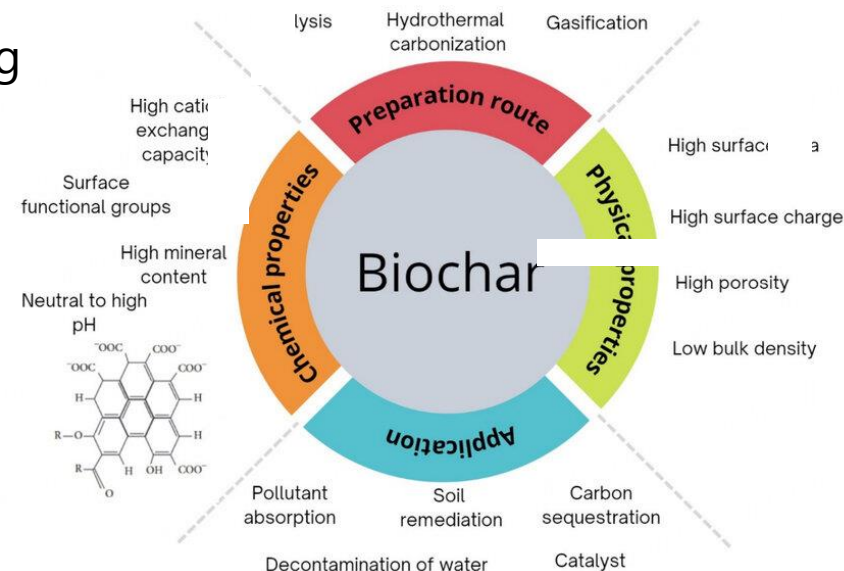
Gimsing et al. (2009)



Tesfamariam et al. (2014)

Biokul

- Biokul produceres ved pyrolyse ($> 500\text{ }^{\circ}\text{C}$, - ilt) af biomasse-holdige produkter (halm, slam, træ, husdyrgødning, osv).
- Produktet indeholder C i forskellige former, incl. grafit, samt overførsler fra biomassen: metaller, S, O, N, P.
- De fleste organiske forureningsstoffer destrueres under processen, PFAS kræver høj temperature
- Kulstoffet har en lang levetid ($> 1000\text{ år}$) og derfor effektiv C oplagring
- Biokul anvendes til jordforbedring, og til jord- og vandrensning; op til 20 t/ha. Kan binde organiske kontaminater i Jorden.
- Kan erstatte aktivt kul i en række applikationer.



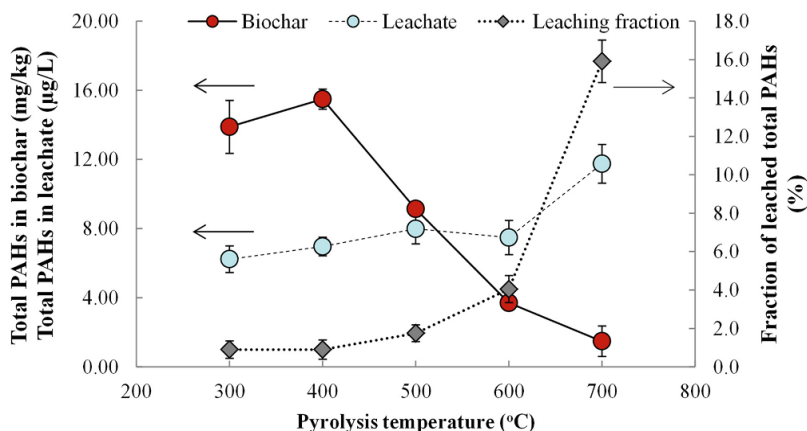
Biokul – hvad skal vi være opmærksomme på i relation til mulig grundvandspåvirkning

- Polyaromatiske hydrocarboner (PAH'er), flygtige organiske stoffer (VOCs), PFAS
- Tungmetaller
- Biokullets reaktivitet – biokullet fungerer som en katalysator



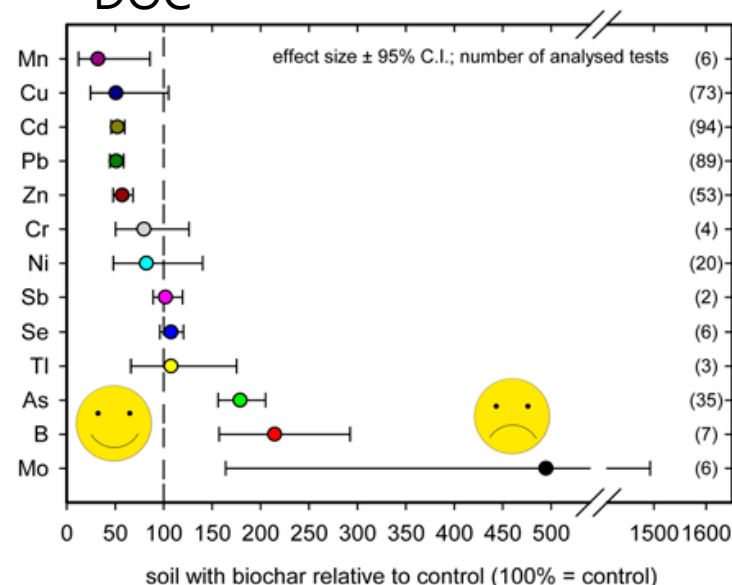
PAH'er

- Indeholder normalt under 100 ug/g, typisk 1 – 10 ug/g. Kvalitetskravet i EBC: < 12 ug/g
- PAH indholdet falder med pyrolysetemperaturen, men samtidigt øges udvaskeligheden (slam kul)
- De små PAH'er (2 – 4 ringe) udvaskes



Tungmetaller

- Mange faktorer bestemmer tungmetal udvaskelighed incl. totalindhold, pH, og DOC



Konklusioner

- Mange nye grønne løsninger incl. biosolutions på vej i jordbruget
- En del af disse vil direkte påvirke arealanvendelse og dermed vandmiljøet
- Visse tiltag vil med sikkerhed bidrage til forbedret grundvandskvalitet
- For mange nye biosolutions har vi ringe kendskab til virkningen og effekterne. Kun få undersøgelser og mangler felt data. Tools mangler!
- Biosolutions skal risikovurderes i forhold til drikkevandspåvirkning – no shortcut.
- Der bliver rift om jorden: Hvad skal prioriteres og hvem sætter agendaen?





NORRECCO
GØR EN FORSKEL

Cirkulær økonomi – risiko for mennesker og miljø ved brug af restprodukter

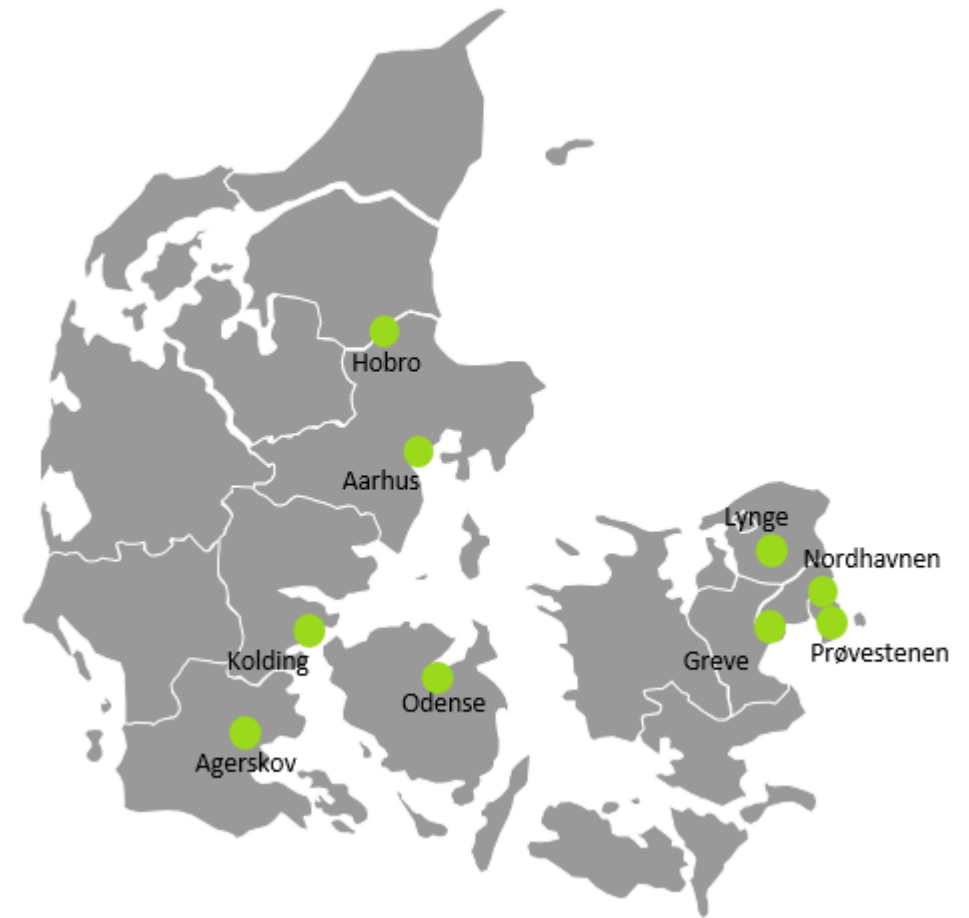
Jette Bjerre Hansen, Norrecco
ATV Vintermøde 2024



Norrecco A/S

11 modtage og behandlingsanlæg for jord og affald i Danmark

- **Hovedstadsområdet** (Prøvestenen (2 stk.), Nordhavnen, Lyngby, Greve)
- **Aarhus**
- **Odense**
- Kolding
- Agerskov
- Uge
- Hobro



Håndterede i 2023

- Godt 2 mio. ton. jord
- 0,8 mio. tons affald

Aftale mellem regeringen (Socialdemokratiet) og Venstre, Radikale Venstre, Socialistisk Folkeparti, Enhedslisten, Det Konservative Folkeparti, Liberal Alliance og Alternativet om

Klimaplan for en grøn affaldssektor

Danmark uden affald

Genanvend mere
– forbrænd mindre



Oktober 2013

Regeringen

Konkrete mål for både kommuner og private aktører

Realdania

Roadmap for cirkulær økonomi i byggeriet



EUROPEAN COMMISSION

Brussels, 11.3.2020

COM(2020) 98 final

COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS

A new Circular Economy Action Plan

For a cleaner and more competitive Europe



Jagten på genanvendelsesprocenterne

Det gode er at;

- Fokus fra både kommuner og private aktører på genanvendelsesmuligheder,
- Der er stigende interesse/nysgerrighed fra f.eks. Byggevareproducenter og entreprenører for at bruge genanvendte råstoffer

Det udfordrende er at

- Alle er meget fokuseret på egne mål -> man stiller ikke de kritiske spørgsmål
- Flere uigennemsigtige løsninger når markedet



Er det genialt eller galt ?



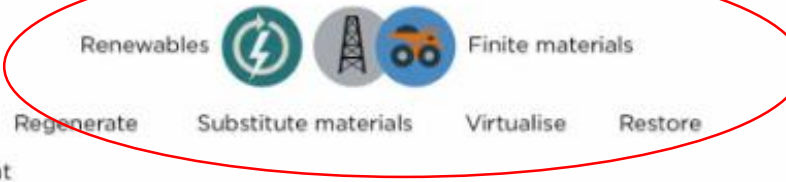
OUTLINE OF A CIRCULAR ECONOMY

PRINCIPLE

1

Preserve and enhance natural capital by controlling finite stocks and balancing renewable resource flows
ReSOLVE levers: regenerate, virtualise, exchange

Renewables flow management

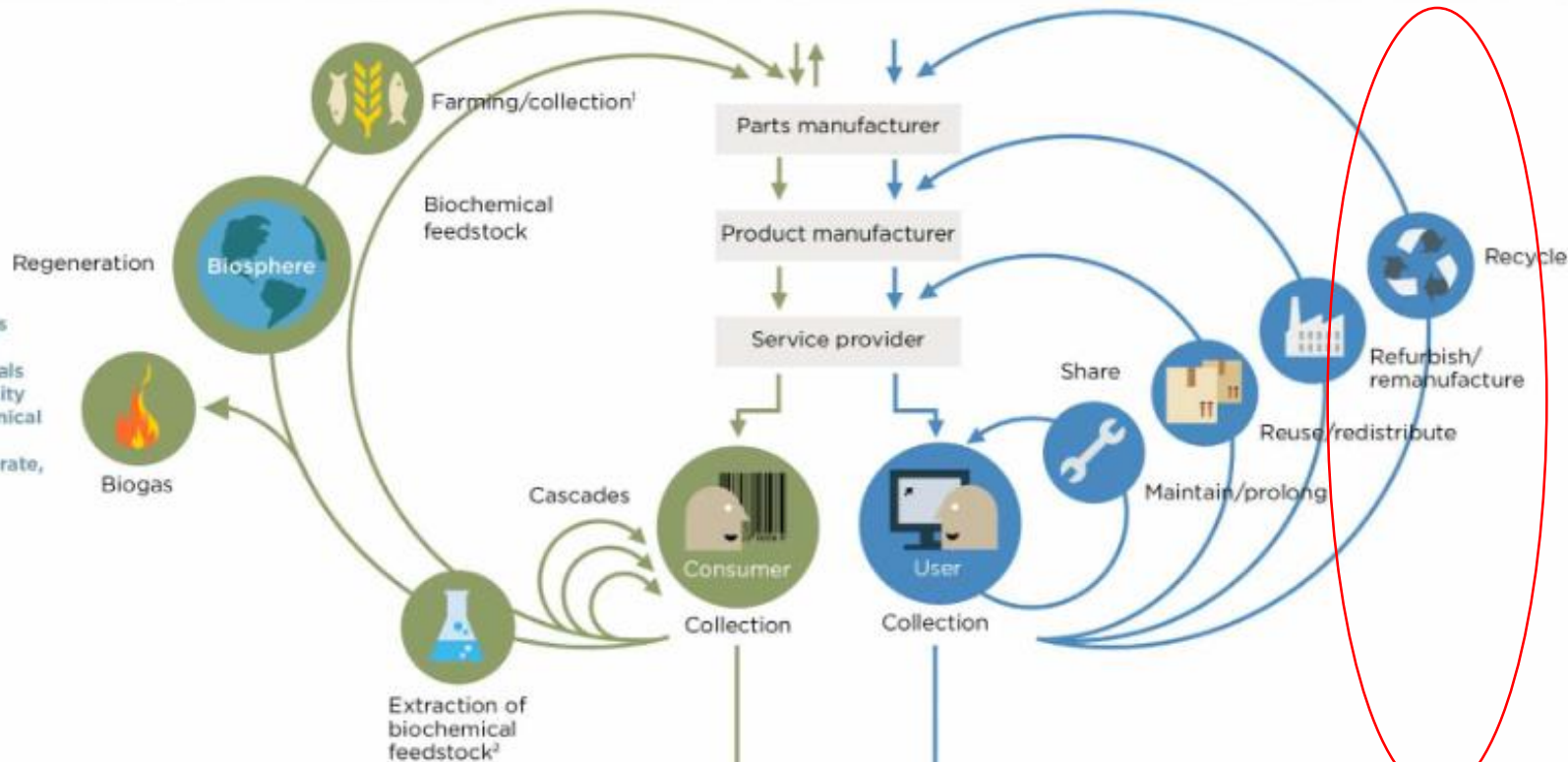


Stock management

PRINCIPLE

2

Optimise resource yields by circulating products, components and materials in use at the highest utility at all times in both technical and biological cycles
ReSOLVE levers: regenerate, share, optimise, loop



PRINCIPLE

3

Foster system effectiveness by revealing and designing out negative externalities
All ReSOLVE levers

Minimise systematic leakage and negative externalities

1. Hunting and fishing

2. Can take both post-harvest and post-consumer waste as an input

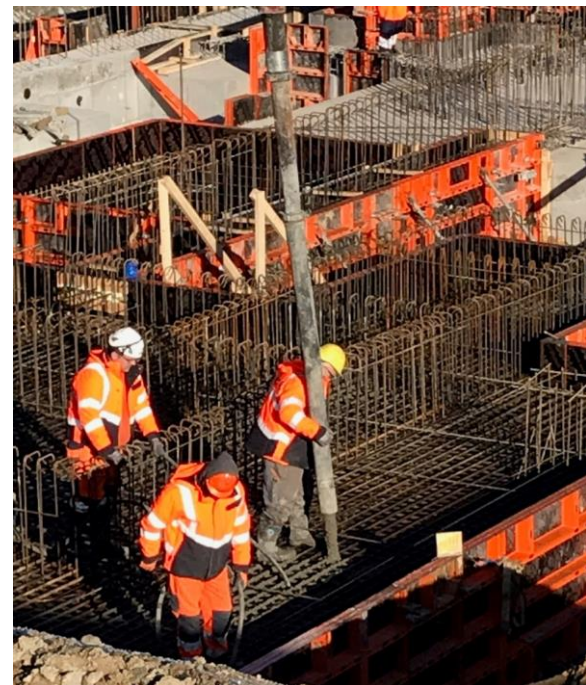
Forpligtigelse til at
- begrænse brugen
- sikre bæredygtigt forbrug

- sikre reel erstatning af råstoffer, idet der tages hensyn til både kvalitet og anvendelse



Cirkulær økonomi hos Norrecco

Når affald bliver til et "produkt"





Cirkulær økonomi hos Norrecco

Når jord bliver til "produkter"



5. Marts - Spor 1
Bæredygtighed, afværgelse, jordhåndtering





Vores målestok: Affaldshierarkiet

Definitioner jf. MST

Materialenytiggørelse
Nationalt mål på 70%

Genbrug

Forberedelse til genbrug

Der er tale om forberedelse eller klargøring af affald til genbrug, når produkter/genstande med nogle få og enkle handlinger, som f.eks. kontrol af funktionen, rengøring, reparation eller istandsættelse, kan bruges igen.

Genanvendelse

Genanvendelse

Genanvendelse foregår ved, at produkterne først nedbrydes eller findeles, hvorefter der indvindes stoffer eller materialer fra de nedbrudte produkter. De indvundne materialer kan derefter enten bruges ved fremstilling af samme type produkter som de oprindelige, eller til helt andre produkter. I modsætning til genbrug, hvor produktet ikke nedbrydes først, handler genanvendelse om at indvinde ressourcerne i affaldet

Anden nyttiggørelse

Anden endelig
materialenytiggørelse

Anden nyttiggørelse af affald

Der er tale om anden nyttiggørelse af affald, når affaldet erstatter andre materialer, men ikke samtidig forberedes til genbrug eller genanvendes. Det sker i to typer af situationer: "anden endelig materialenytiggørelse", hvor affaldet/materialet bruges til opfyldning/opfyldningsoperationer og erstatter jord, stabilgrus o. lign., og "forbrænding af affaldet med energiudnyttelse", hvor affaldet erstatter andet brændsel.

Forbrænding
med
energiud-
nyttelse

Bortskaffelse

Bortskaffelse er det laveste trin i affaldshierarkiet og omfatter først og fremmest deponering, men også afbrænding uden energiudnyttelse. For affald, der skal deponeres eller afbrændes, gælder, at kommunen anviser, hvem du skal aflevere affaldet til i Danmark. Du kan finde oplysningerne i kommunens affaldsregulativ under deponeringsegnet affald.



Genanvendelse i nye produkter - risiko for mennesker og miljø

- Affaldslovgivningen
 - Byggevareforordningen
 - Produktkrav
 - Producentkrav
- ✓ Genanvendelse til samme formål

Faren opstår, når vi bruger affald som aldrig har været anvendt til formålet;

Spørgsmål, som man skal søge svar på;

- Har produktet en reel funktion?
- Har "affaldet" en positiv funktion i produktet?
- Kan det gøre skade i næste livscyklus?

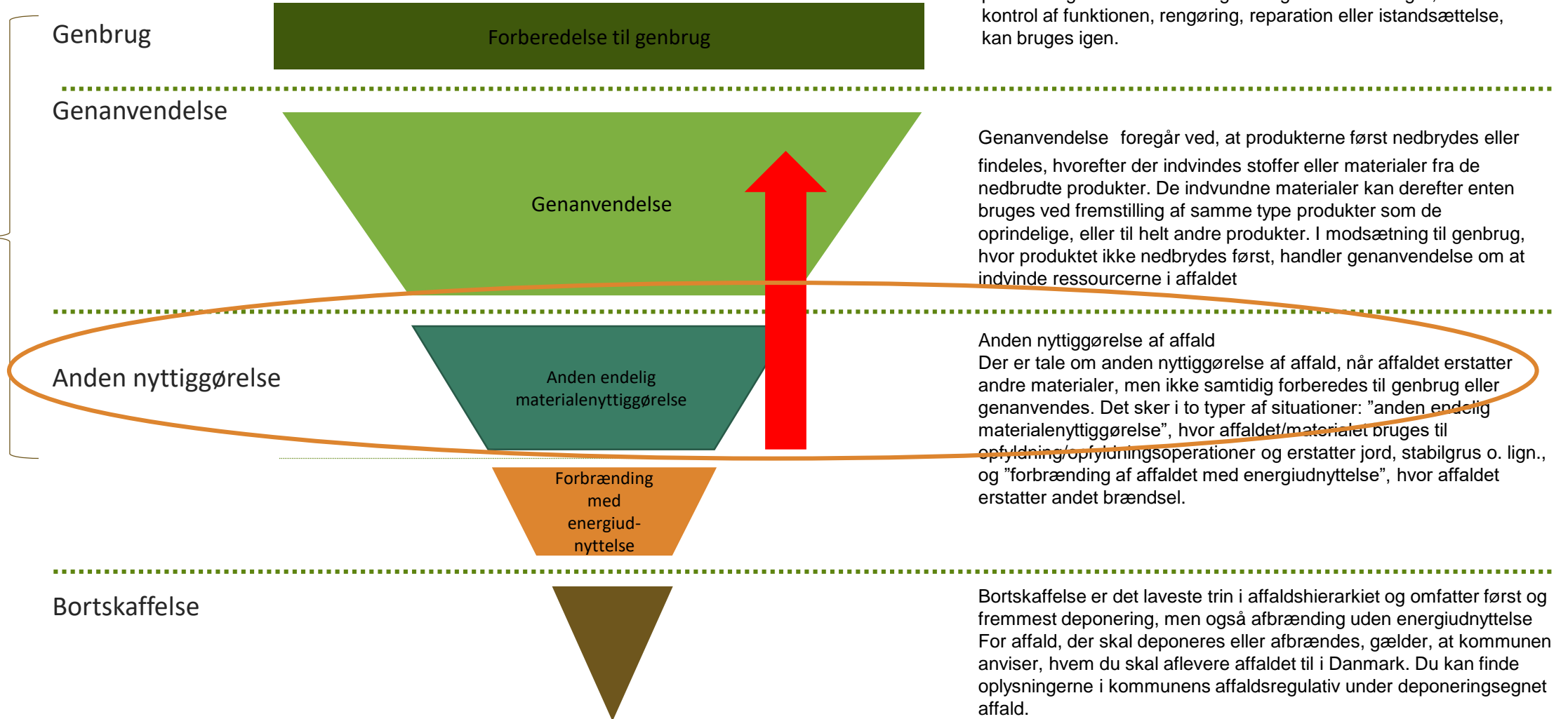




Vores målestok: Affaldshierarkiet

Definitioner jf. MST

Materialenytiggørelse
Nationalt mål på 70%





Nyttiggørelse af knuste materialer

Regulering

- Affaldsbekendtgørelsen
 - Kortlægning og anmeldelse
 - Kildesortering



Skal sikre :

- uforurenede materialer
- Rene fraktioner uden andet affald

- Restproduktbekendtgørelsen
 - Slagger, jord, bundaske, flyveaske fra kulkraftværker)
 - Bygge- og anlægsaffald (beton, uglaseret tegl, natursten, blandinger)
- Miljøbeskyttelsesloven
 - § 19
 - § 33



Skal sikre :

- Knuste materialer egnet til nyttiggørelse som erstatning for primære råstoffer





Restproduktbekendtgørelsen

Slagger, jord, bundaske, flyveaske fra kulkraftværker)

- Grænseværdier
 - stofindhold i faststoffasen
 - Udvaskelige koncentrationer
- Restriktioner ift. Anvendelse knyttet til grænseværdierne

Bygge- og anlægsaffald (beton, uglaseret tegl, natursten, blandinger)

- Ingen grænseværdier – dog en enkelt undtagelse
- Uforurenede affald til fri anvendelse -> hvor det skal med høj grad af sikkerhed kan lægges til grund, at affaldet ikke indeholder materiale eller stoffer i et sådant omfang eller af en sådan art og koncentration, at anvendelsen af affaldet kan have skadelig virkning på miljøet eller menneskers sundhed.
- Lettere forurenede affald – begrænset anvendelse -> grænseværdi for PCB (lettere forurenede materialer)



Knuste materialer til nyttiggørelse

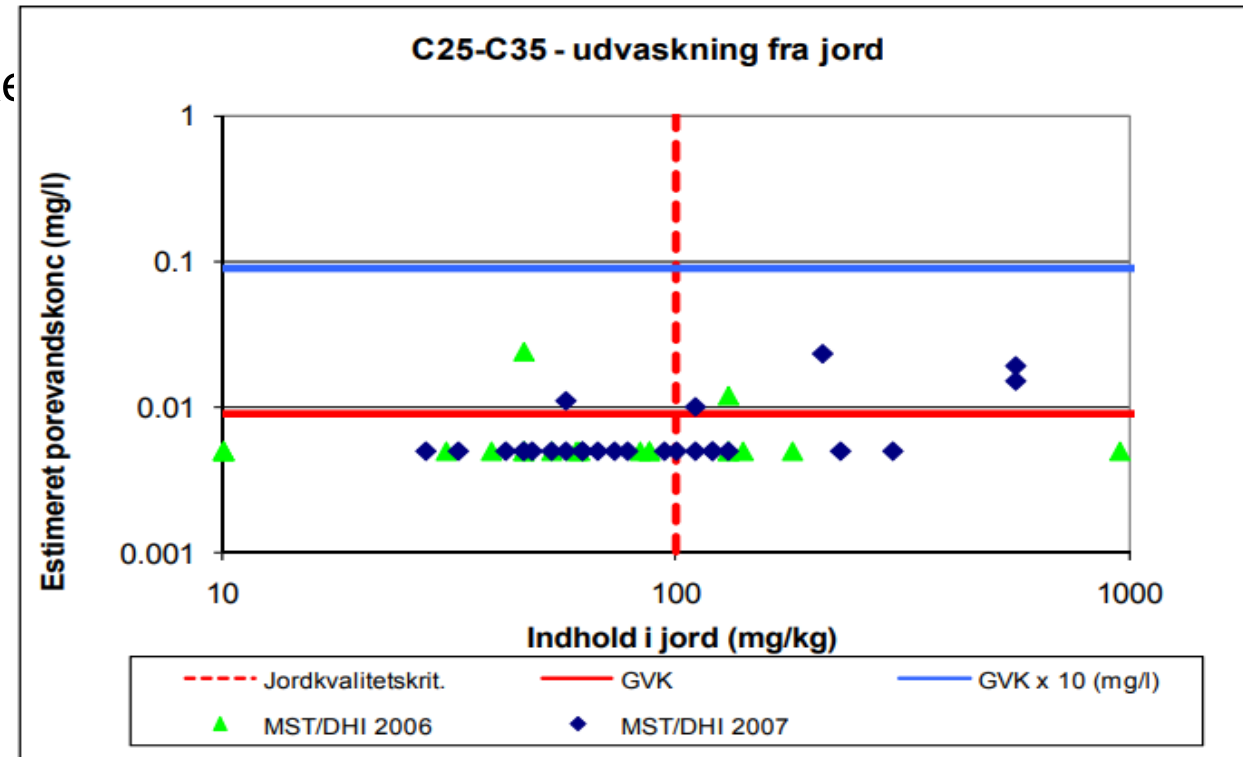
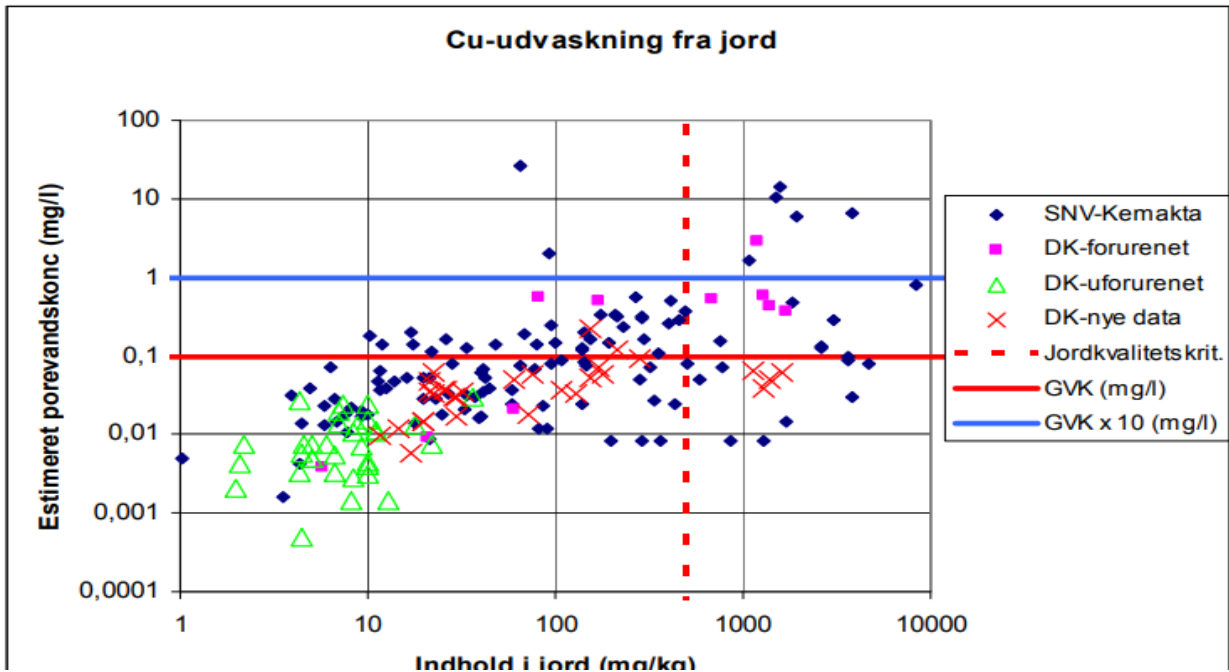
I mangel af grænseværdier for nyttiggørelse af byggeaffald anvendes oftest Jordkvalitetskriterier og Afskæringskriterier

->

Indhold af miljøproblematisk stoffer (organiske og uorganiske stoffer)

Men er det godt nok?

Data fra: Håndtering af lettere forurenede jord
Miljøprojekt Nr.1287 2009





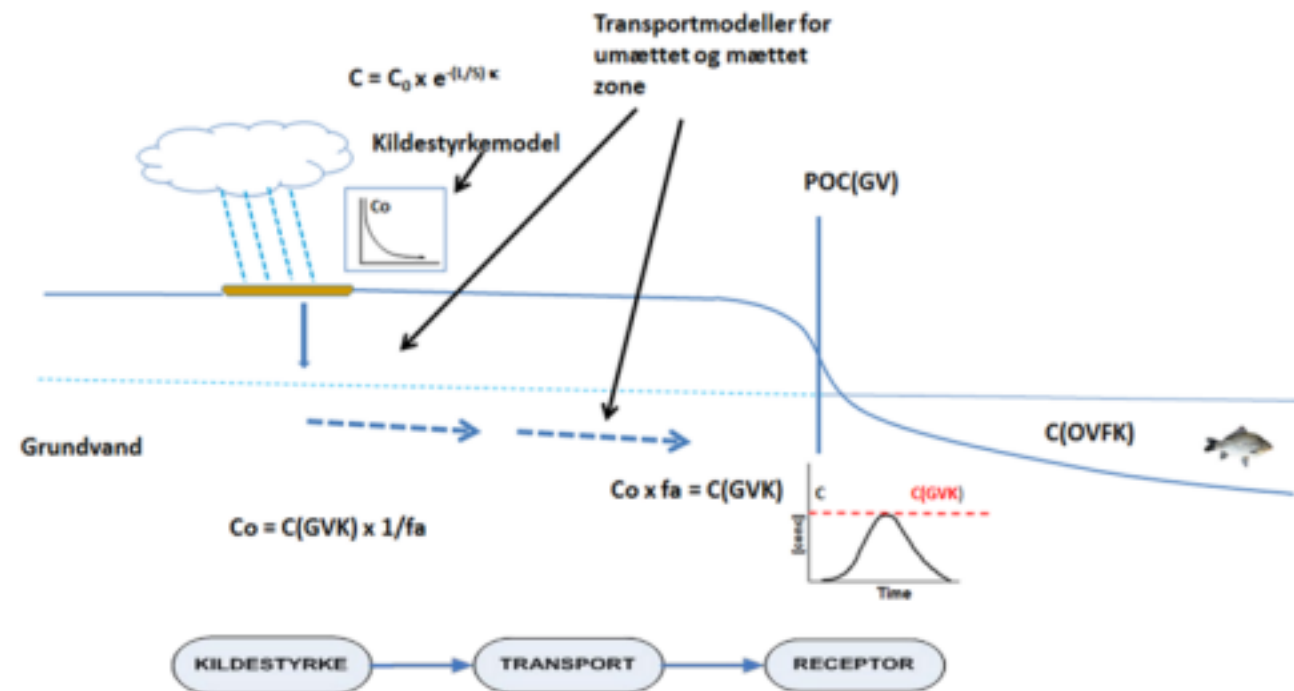
Nyttiggørelse efter MBL

- Miljøbeskyttelsesloven
 - § 19
 - § 33

Stedsspecifik risikovurdering:

- Kildestyrke
- Stoftransport
- Opblanding
- Fastsættelse af sammenligningspunkt

Principperne i beregningerne er illustreret i Figur 2.1.



Vi har en række gode værktøjer, men der mangler retningslinjer for hvordan stedsspecifik risikovurdering gennemføres



Fakta om PCB



Borg

FAQ



Trin-for-Trin

Du er her: Forside / Fakta om PCB

Fakta om PCB

Hvad er PCB?

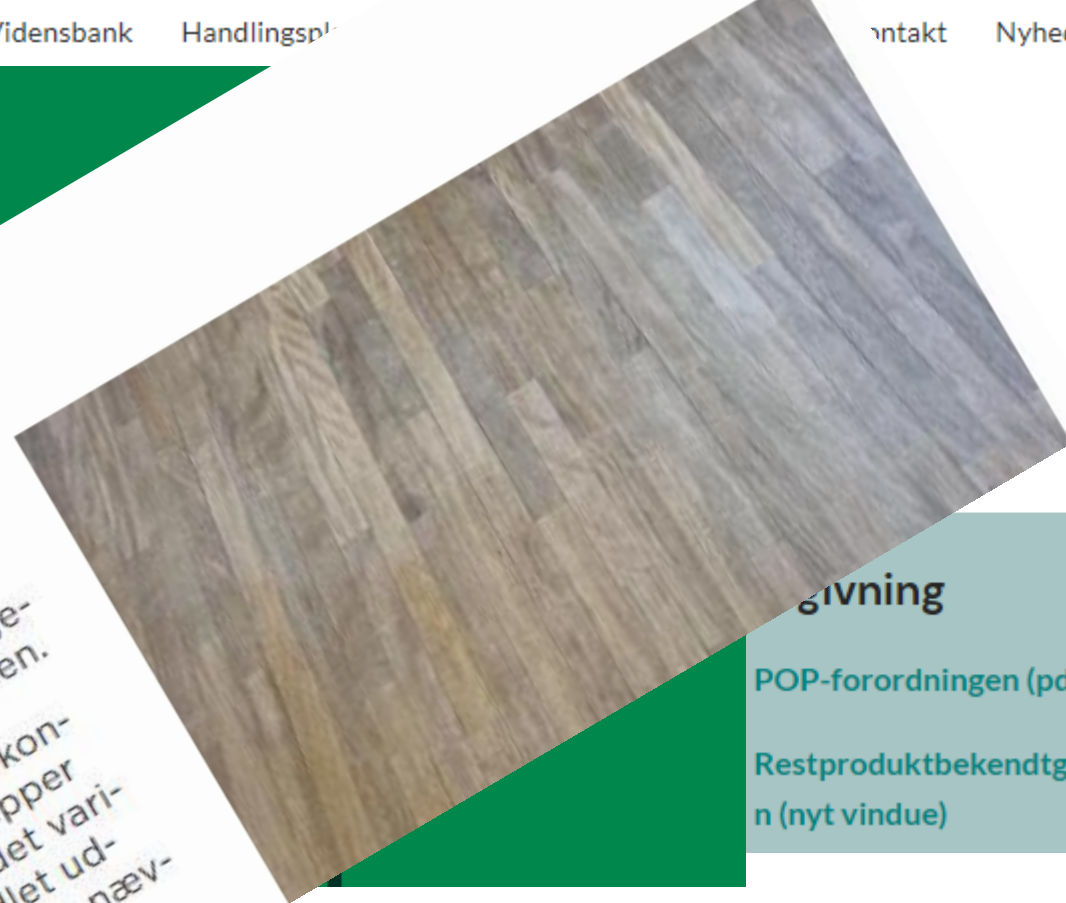
PCB i den danske
bygningsmasse

Nyhed: PFAS i byggeaffald

14. februar 2024

Generelt viser resultaterne, at der er PFAS i maling og at der kan være PFAS i forskellige typer af gulve og gulvtæpper

Niras har gennemført en undersøgelse af omfanget af PFAS i byggeaffald fra nedrivninger og renoveringer i Danmark for Miljøstyrelsen. Undersøgelsen finder, at maling generelt viser markante PFAS koncentrationer på tværs af alle byggeår. Linoleum, vinyl, gulvtæpper og parketgulve viser moderate PFAS koncentrationer, men det varierer afhængigt af byggeår. Væg- og gulvfliser, tegl ubehandlet udvendigt, beton ubehandlet udvendigt og fuger indeholder ikke nævnelige koncentrationer af PFAS.



og maling

[POP-forordningen \(pdf\)](#)

[Restproduktbekendtgørelsen \(nyt vindue\)](#)

organiske stoffer, primært biocider, som

til stede i direkte eller indirekte overfladebe-

sternittagplader samt i fiberarmeret beton og fiberce-

enset omfang lykkedes at få konkrete informationer om,

(eller andre) stoffer, der rent faktisk er tilsat eller er til stede i

støjtøj og porcelæn foreligger der anvendelige data, men kun for én

af de afprøvede analyseprogrammer var begrænset



Det er en udfordring for os alle

Nationale kriterier/grænseværdier kræver:

1. Solidt fagligt grundlag
2. Risikovurdering i forhold til mennesker, jord og vand
3. Udpege relevante stoffer
4. Valg af relevante test- og analysemetode
5. Opstille grænseværdier
6. Evt. suppleret med restriktioner for anvendelse

Men det er en lang proces – og hvad så i mellemtiden?

- Vejledende materiale ??

PCB handlingsplanen kom i 2011 – vi har endnu ikke en national PCB-grænseværdi for hvornår materialer er uforurenede



3 budskaber og et spørgsmål



- Der er et stort pres på muligheder for genanvendelse af affald – men lad os ikke forblænde af jagten på genanvendelsesprocenter !
- Vi vil som “producent” af sekundære råstoffer gerne have nationale grænseværdier og krav relateret til anvendelsen – faktisk efterspørger vi klare regler
- Vi mangler fælles retningslinjer for, hvordan en god risikovurdering gennemføres - Vi har meget viden omkring risikovurdering, som ikke er bragt i anvendelse. Det kalder på branchearbejde
- Når vi får ny viden om miljøfarlige stoffer opstår der stor usikkerhed om nyttiggørelse af restprodukter kan fortsætte – Kunne man – f.eks. gennem regionerne eller VMR finde fælles fodslag på de svære spørgsmål – indtil der kommer nationale krav??



Tak for ordet

Norrecco A/S

Telefon: +45 7025 2532

E-mail: info@norrecco.dk

www.norrecco.dk

Jette Bjerre Hansen

Bæredygtighedschef

jbh@norrecco.dk

Mobil: +45 2889 9504



GRUNDVANDET OG DEN GRØNNE OMSTILLING

MULIGHEDER OG UDFORDRINGER FOR VANDFORSYNINGERNE

ATV TEMAMØDE: GRUNDVAND OG DEN GRØNNE OMSTILLING

MANDAG D. 4. MARTS 2024

THOMAS SØRENSEN, DANVA

Grøn omstilling og vandsektoren

Den grønne omstilling har betydning for hele forsyningssektoren og kræver, at de forskellige sektorer arbejder sammen om det fælles mål om, at Danmark skal være klimaneutralt i 2045.

Vandsektoren byder ind med:

- Solceller
- Varme fra varmepumper på vand og spildevand
- Vand til PtX anlæg
- Grøn el og varme fra biogas



Vandsektorens mål om energineutralitet

Vandsektoren har en målsætning om energi- og klimaneutralitet i 2030:

Status for energineutralitet (2023):

Drikkevand:	1,1 %	<- Solceller
Renseanlæg:	83 %	<- El og varme (biogas)
Samlet vandsektor (drikkevand, kloak og renseanlæg)	56 %	

Energiproduktionen foregår hovedsageligt på 50 renseanlæg med biogasproduktion, som afbrændes til el og varme.

Målsætningen og opgørelsen gælder for takstfinansierede løsninger indenfor drikkevand- og spildevandsselskaber.

Dvs. at energi produceret på vand eller spildevand i andet selskab i egen koncern eller hos 3. part ikke er med i opgørelsen.

Data for DANVAs medlemmer – Kilde: www.danva.dk/vandital



Vandsektoren:

Drikkevand:

- Ca. 2500 vandselskaber/værker i DK
- Samlet solgt drikkevand: ca. 330 mio. m³/år
- Ca. 220 producerer mere end 200.000 m³
- Ca. 75 producerer over 800.000 m³
- Ca. 10 producerer over 10 mio. m³

Spildevand:

- Ca. 102 spildevandsselskaber
- Renset spildevand ca. 700 mio. m³/år
- Ca. 675 renseanlæg over 30 PE
- Ca. 100 renseanlæg over 30.000 PE, som behandler mere end 3 mio. m³ spildevand

Varmepumper i vandsektoren

Varmepumper er en vigtig faktor i grøn varmeproduktion.

Varmepumper er brændselfri varme og helt klimaneutral, når alt strømmen bliver grøn.

Varmepumper (vand til vand) på spildevand og drikkevand er en uudnyttet energikilde.

Varmepumper på spildevand:

- Placeres i udløbet fra renseanlæg i det lunkne, rensede spildevand
- Stor, stabil energikilde hele året rundt med stor energieffektivitet

Varmepumper på drikkevand:

- Kan placeres i vandtårne/beholdere og på transmissionsledninger
- Mindre energikilder – enten til supplement eller lokalafgrænsede anvendelse (industrier, boligkomplekser eller badeland)
- Varmepumper på drikkevand giver koldere vand til forbrugerne og bedre vandkvalitet



Varmepumpe på Frederiksberg Vandværk

Potentialet: Varme op til 250.000 parcelhuse

Varme fra spildevand er ikke overskudsvarme

Den store barrierer for øget brug af varmepumper på det lunke spildevand blev elimineret, da energiministeren tydeligt d. 1. december skrev, at varme fra spildevand ikke er omfattet af reglerne i overskudsvarmebekendtgørelsen.

Udtalelsen kom efter et tidligere ministersvar i oktober 2023, hvor det blev udtalt, at varmen i spildevand skulle betragtes som et biprodukt og dermed underlægges prisloftet for overskudsvarme.

Klimaminister Lars Aagaard, 1. dec. 2023:

"Energistyrelsen er blevet opmærksom på en fejl i ovenstående svar. Fejlen består i, at varme fra spildevand ikke, som det ellers er angivet ovenfor, i nævneværdigt omfang 'opstår' i selve renselanlægget, men kommer til renselanlægget med det tilledte spildevand. Fejlen består endvidere i, at det i svaret herefter anføres, at reglerne i overskuds-varme-bekendtgørelsen finder anvendelse for varme fra spildevand. **Energistyrelsen er imidlertid kommet frem til den vurdering, at varme fra spildevand ikke falder ind under varmeforsyningslovens definition af overskudsvarme og dermed heller ikke er omfattet af reglerne i overskudsvarmebekendtgørelsen**".

Eksempler på varmepumper:

Kalundborg Forsyning A/S Kalundborg Centralrenseanlæg

- 10 MW - Etableret i 2017
- Ejerskab: Kalundborg Spildevand

FORS A/S - Roskilde Bjergmarken Renseanlæg

- 8 MW - Etableret i 2020
- Ejerskab: FORS – Roskilde varme

VandcenterSyd Ejby Mølle Renseanlæg

- 20 MW – Etableret i 2020
- Ejerskab: Fjernvarme Fyn

+ en del flere



Lalandia Søndervig



Kalundborg Renseanlæg

Ringkøbing Skjern Forsyning A/S Drikkevandsledning – Ø450

- 1,1 MW - Idriftsat i 2022
- Opvarmning af Lalandia

Morsø Forsyning A/S Vandtårn

- 140 kW – til fjernvarme

Frederiksberg Forsyning Nyt vandværk

- ~ 6 MW – i drift
- Både varme og køling

Oplæg senere

Varmepumper på drikkevand giver koldere vand til forbrugerne og bedre vandkvalitet

PtX og vandsektoren

- Den grønne omstilling er i stor grad baseret på Power to X industrien, som skal producere brint, ammoniak, metanol mm.
- Power to X industrien kræver stort samarbejde på tværs af hele forsyningssektoren.
- Produktionen af brint kræver store mængder vand.
- Vandselskabernes rolle er at finde tilstrækkelige vandressourcer til den forventede PtX udbygning.



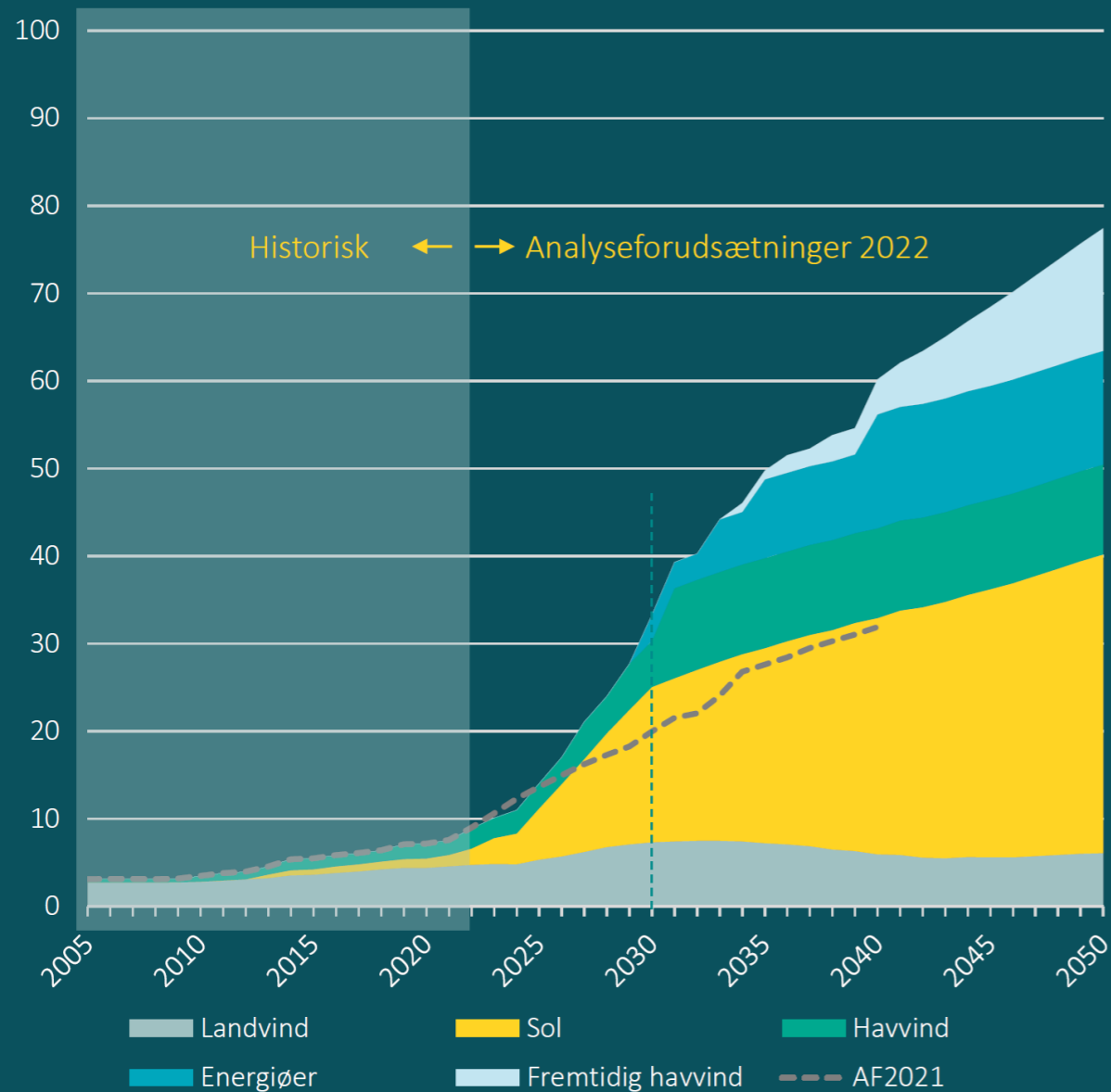
Vand er råstoffet.
Der skal bare tilsættes energi,
så får man brint.
Det burde have heddet
Water to X



Hvorfor snakker vi så meget om Power to X (PtX)?

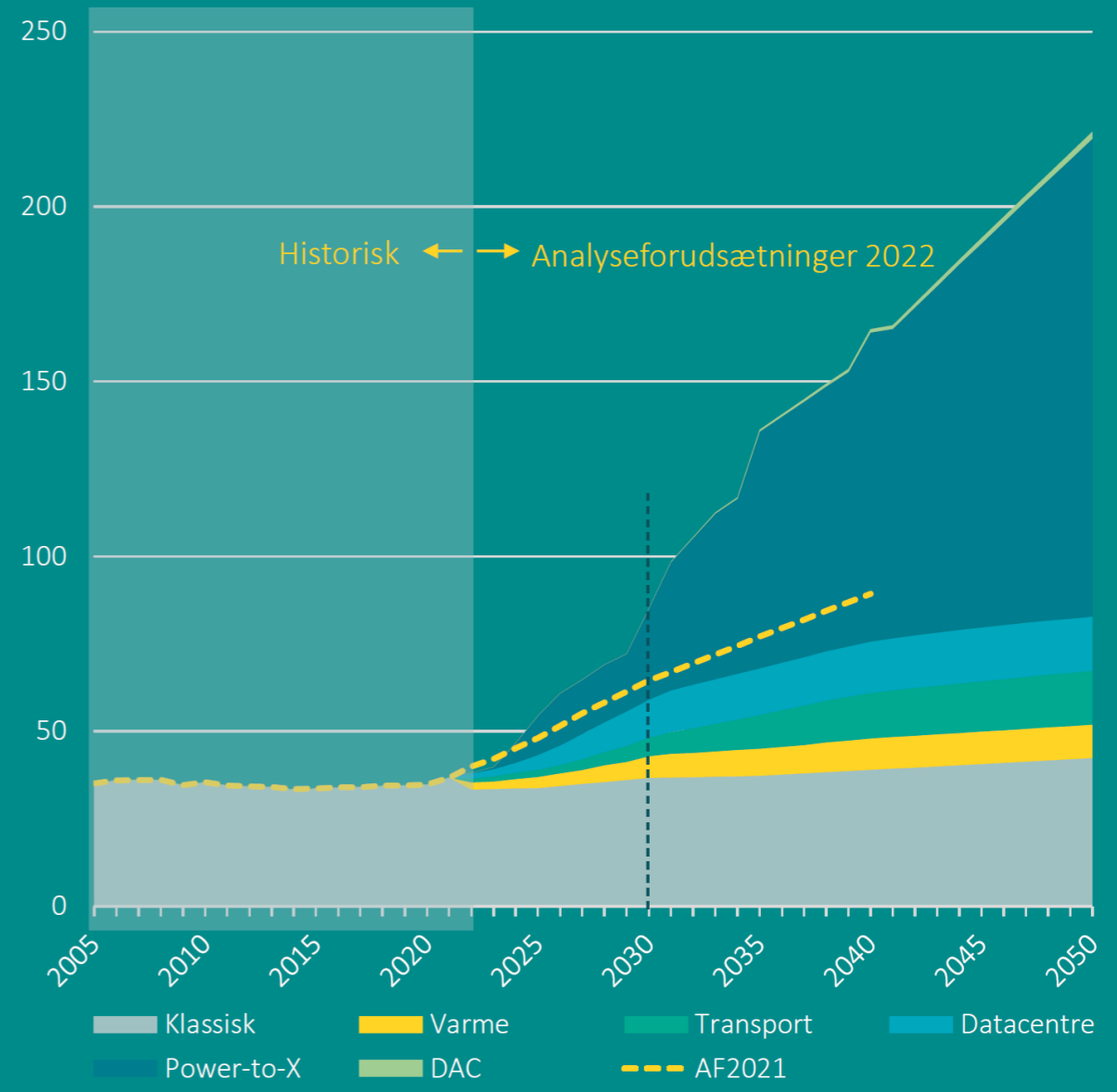
Vind- og solproduktionskapaciteter (GW)

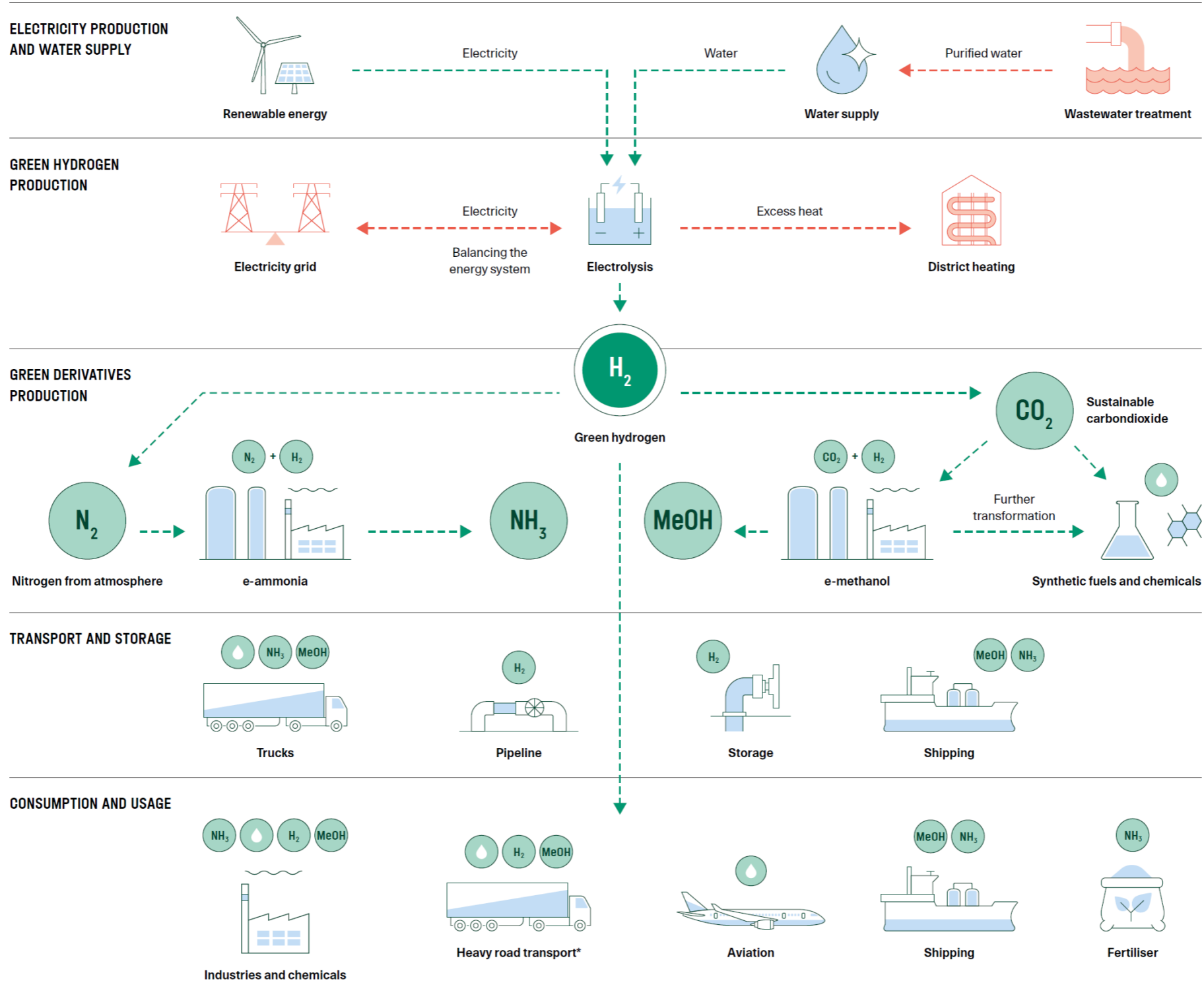
ANALYSEFORUDSÆTNINGER 2022



Elforbrug (TWh)

ANALYSEFORUDSÆTNINGER 2022





DANVA

Figur lånt fra State of Green: <https://stateofgreen.com/en/publications/green-hydrogen-is-danish-hydrogen/>

Udbygning med PtX

Energistyrelsens målsætning er en 6 GW PtX kapacitet i 2030.

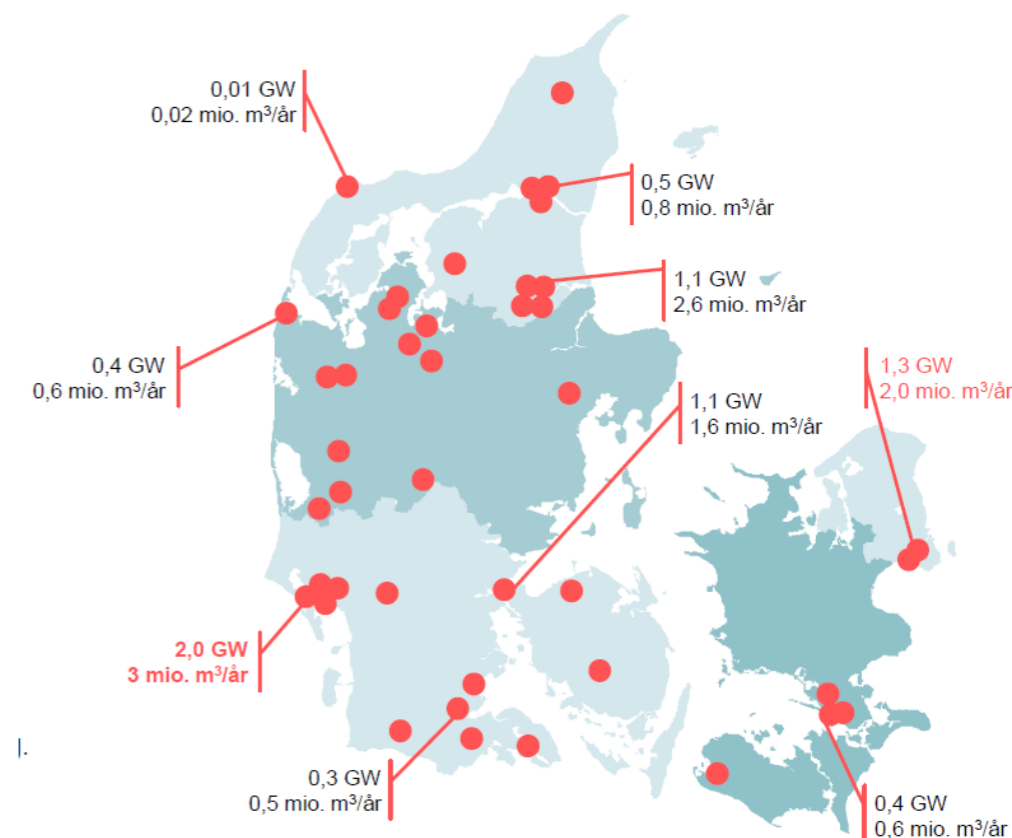
På tegnebrættet er der over 22 GW fordelt på mere end 40 projekter.

Placeringer bliver der, hvor der er adgang til store mængder billig strøm + gerne i ved nyt brintnetværk.

Produktionen:

- Rent brint, så skal anlæg skal ligge ved kommende brintnetværk
- Ammoniak, metanol mm. kan flyttes med bil eller skib

Vandressourcen er ikke med i den overordnede planlægning ved lokationer.



Figur: Lånt af Energistyrelsen

Forventet vandforbrug

Vandforbrug:

- 1 GW skal bruge ca. 1 -1,5 mio. m³ ultra rent vand – produceret på ca. 1,3-2 mio. m³ "råvand".
- Oprensningen af vandressourcen giver ca. 30 % rejectvand.

Energistyrelsens PtX målsætning:

- Energistyrelsens målsætning er en 6 GW PtX kapacitet i 2030.
- Det vil kræve 6-9 mio. m³ ultra rent vand produceret på 8-12 mio. m³ "råvand".
- Kapacitet vil sandsynligvis baseret på 4-6 store anlæg og en stribe mindre.

Annoncerede PtX projekter:

Der er pt. annonceret PtX projekter med en samlet kapacitet på mere 22 GW.
Det vil kræve en "råvand" ressource på mere end 30 - 44 mio. m³.

Behovet for vand til køling er ikke medtaget i ovennævnte vandmængder. Der er et håb om brug af overskudsvarmen reducerer behovet, så unødigt køling ikke bliver nødvendigt.



Vandressourcer:

I Danmark er alt drikkevand baseret på grundvand og vi vil gerne reservere drikkevandsressourcen til drikkevand☺, så større PtX-anlæg skal have andre vandkilder. Fx:

- Oprenset spildevand fra udløb renseanlæg
- Højt stående grundvand
- Afsaltning af havvand
- Forurenede drikkevandsboringer
- Afværge (forebyggende boringer)
- Drikkevandsressourcen – små anlæg

Vigtige krav til vandressourcen:

- Stabil og kontinuerlig vandkilde
- Forsyningssikkerhed
- Tilstrækkelige mængder

Vandressourcer: Oprensset spildevand

Oprensset spildevand:

- Adgang til store mængder "overskudsvand"
- Stabil vandkilde
- Giver ofte lettere adgang til cirkulær tankegang – genbrug af varme og ilt
- Giver renseanlægget mulighed for bedre rensning
- Tilføje ikke nye stoffer til vandmiljøet

- Der er ca. 100 renseanlæg over 30.000 PE, som behandler mere end 3 mio. m³ spildevand.

- Selskaber som overvejer oprenset spildevand - fx:
 - DIN Forsyning, Aalborg Forsyning, Vestforsyning, Fredericia spildevand og energi

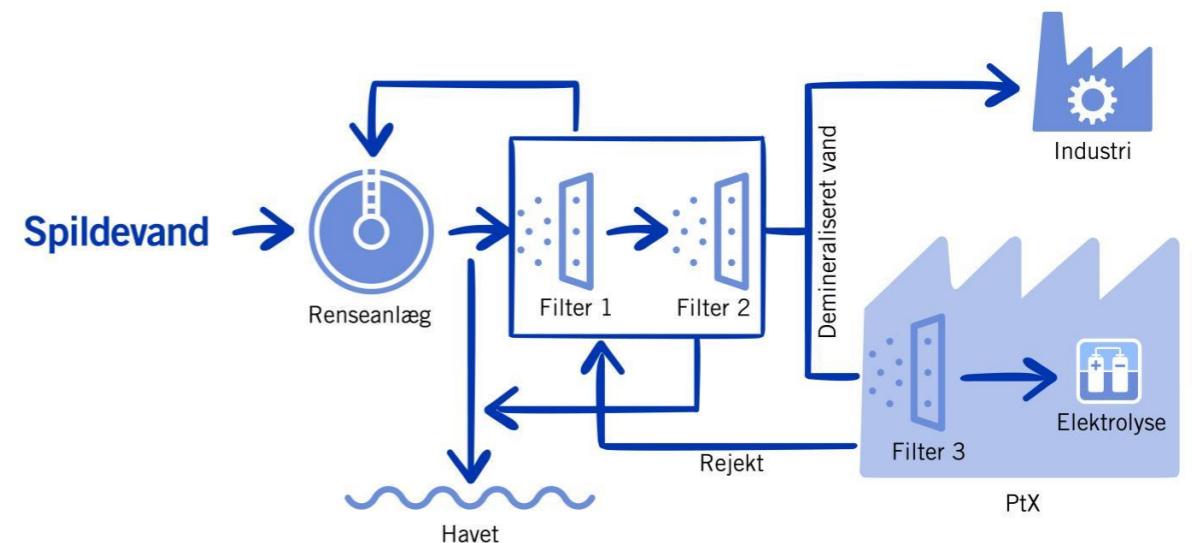


Case: DIN Forsyning

Case: DIN Forsyning i Esbjerg:

- Indbyggere 115.000 og 15 mio. m³ rensset spv.
- Aftale med 2 store PtX-producenter.
- PtX kapacitet: 2 x 1 GW
- Vandkilde: Oprensset spildevand:
- 5-6 mio. m³ => 3-4 mio. m³ Ultra rent vand.
- 3 rensetrin:
 - Rensning: Membranfilter (Ultra filtrering=
 - RO-anlæg (Omvendt osmose) – herefter er vandet "Teknisk rent vand".
 - RO-anlæg og CEDI (Continuous Electro Deionisation + polymer/resiner) + Mixed bed filter (FISD).
- Overskudsvarme: 3 x varmemeforbruget i Esbjerg

Proces for teknisk vand



Figur: Lånt af DIN Forsyning

Vandressourcer:

Højt stående grundvand:

- God vandkilde, hvis der er stabil ressource
- PtX Projekt i Lemvig Forsyning - Ammoniak produktion:
 - Pilotprojekt: 10 MW med 17.000 m³ drikkevand,
 - Hovedprojekt: 500 MW med sekundavand
 - Lemvig har op til 10 mio. m³ højtstående grundvand

Afsaltning af havvand:

- Stabil kilde, større energiforbrug
- Ingen større projekter i DK – endnu,
- Ingen erfaring med udledningstilladelser

Grundvand:

- Forurenede drikkevandsboringer
- Afværge (forebyggende boringer)
- Drikkevandsressourcen

Oplæg
bagefter



Rapport på [Klimatorium.dk](https://www.klimatorium.dk)

Barrierer



Der er 2 store barrierer, som skal afklares snarest:

- Den økonomisk regulering af vandsektoren gør det pt. ikke muligt for et spildevandsselskab at bidrage med teknisk vand. Et nyt "Teknisk vand selskab" vil gå konkurs inden for en kort årrække.
- Usikkerheder om udledningstilladelser:
 - Ved produktion af ultra rent vand produceres der 30 % rejectvand, som kan have et forhøjet indhold af miljøfarlige stoffer. Det kan give problemer med at få udledningstilladelser, da miljøfarlige stoffer reguleres udfra koncentrationer.
 - Nye udledningstilladelser, der øger det samlede tryk på recipienten

Udfordringer

- Vandressourcen indgår ikke i valg af lokalitet. Vandressourcen er lokal og store anlæg kræver store mængder vand lokalt.
 - Vandressourcen tænkes først ind i projektudviklingen sent i processen
 - Gerne tæt på større byer med store renselanlæg og fjernvarmeselskaber, som den cirkulære tankegang indgår i den grønne omstilling
- Det er dyre projekter med store investeringer
 - Hvem tager investeringsrisikoen? Hvordan sikre man borgerne, så de ikke står med risikoen? Hvem skal bygge først?
 - Topprofessionelle developere
- Organisering og struktur
 - Selskabsstruktur og forsyningsgrænser.
 - Vandstrømme, indvindingstilladelser, tilledningstilladelser og udledningstilladelser

SPØRGSMÅL?



Thomas Sørensen
Fagleder Dataanvendelse Telefon: 87933565
Mail: TS@danva.dk
DANVA - Dansk Vand- og spildevandsforening

Læs mere om PtX i Februar 2023
nummeret af Dansk Vand.

<https://www.e-pages.dk/danva/261/>





Power to X og grundvand

ATV temamøde, marts 2024
Vingstedcentret, Vejle
Anders Refsgaard, COWI



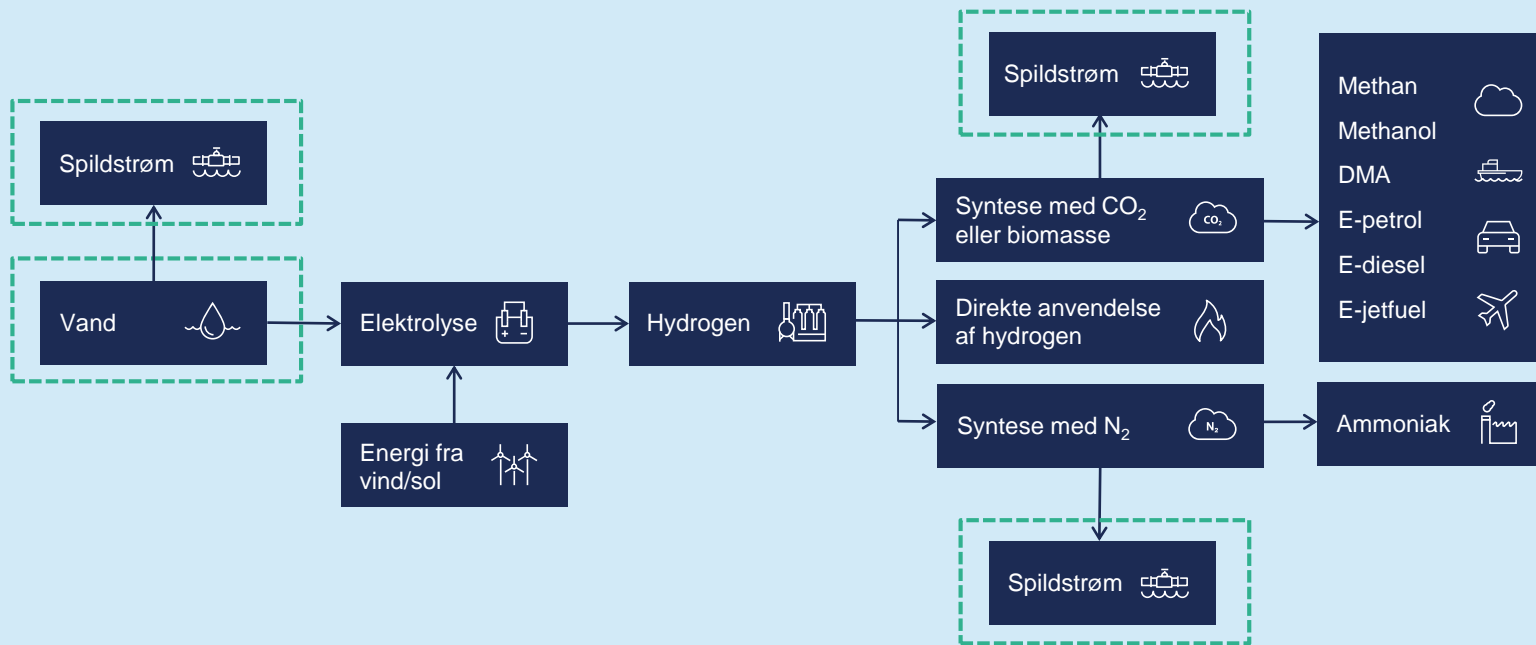
Hvorfor PtX?

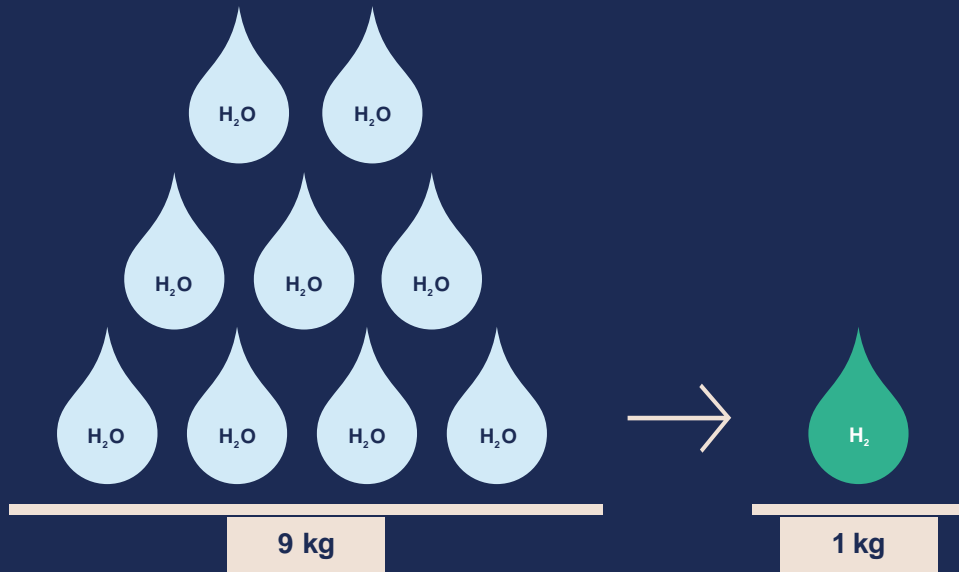
Grøn energi

- Der forventes produceret meget mere grøn strøm, end samfundet kan forbruge om få år
- Lagring af strøm er svært/umuligt – derfor skal energien omsættes til en anden form energi
- Produktion af brint er en meget energikrævende proces men nem at skalere og starte/stoppe afhængig af energiproduktionen
- Brint kan indgå i en række brændstoffer til bl.a. skibstrafik, flytrafik og som brændstof direkte i brintmotorer
- Produktionen af brændstofferne kræver CO_2 , så man kan ligeledes "løse" et problem ved at omdanne CO_2 til brændstof

Vand til PtX

PtX-anlæg med produktion af brændstof





Hvor meget vand skal bruges?

Lidt nøgletal:

- 9 kg ultrarent vand (UPW) vil give 1 kg brint
- Nuværende PtX-målsætninger giver behov for ca. 14 mio. m³ ultrarent vand pr. år
- Vand til køling og rejktvand
- Alt i alt forventes et samlet vandbehov på ca. 45 mio. m³ vand inden for en overskuelig fremtid

Vandkilder til UPW?

Vandkilder

Grundvand – 1,4 m³ → 1 m³ UPW

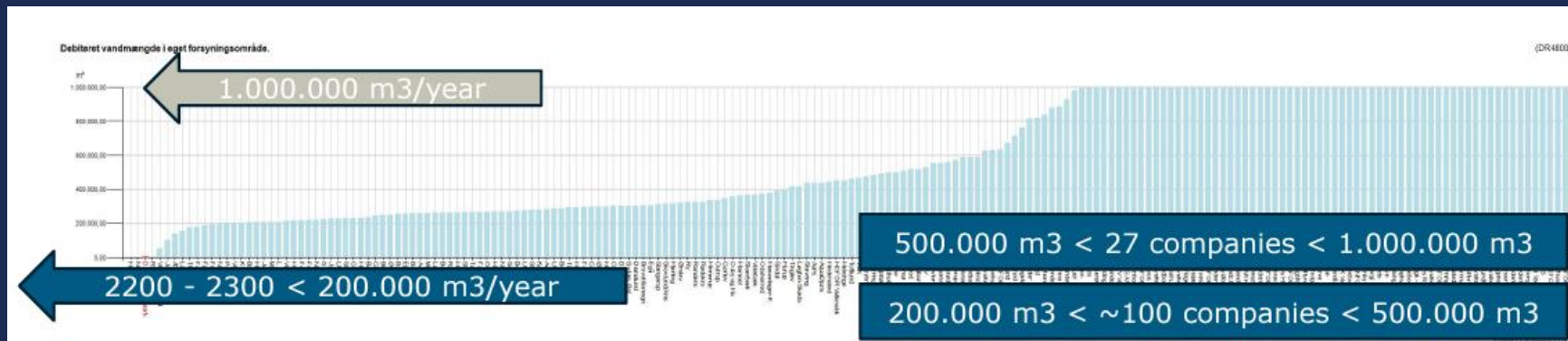
Behandlet spildevand – 1,5 m³ → 1 m³ UPW

Havvand – 3,3 m³ → 1 m³ UPW

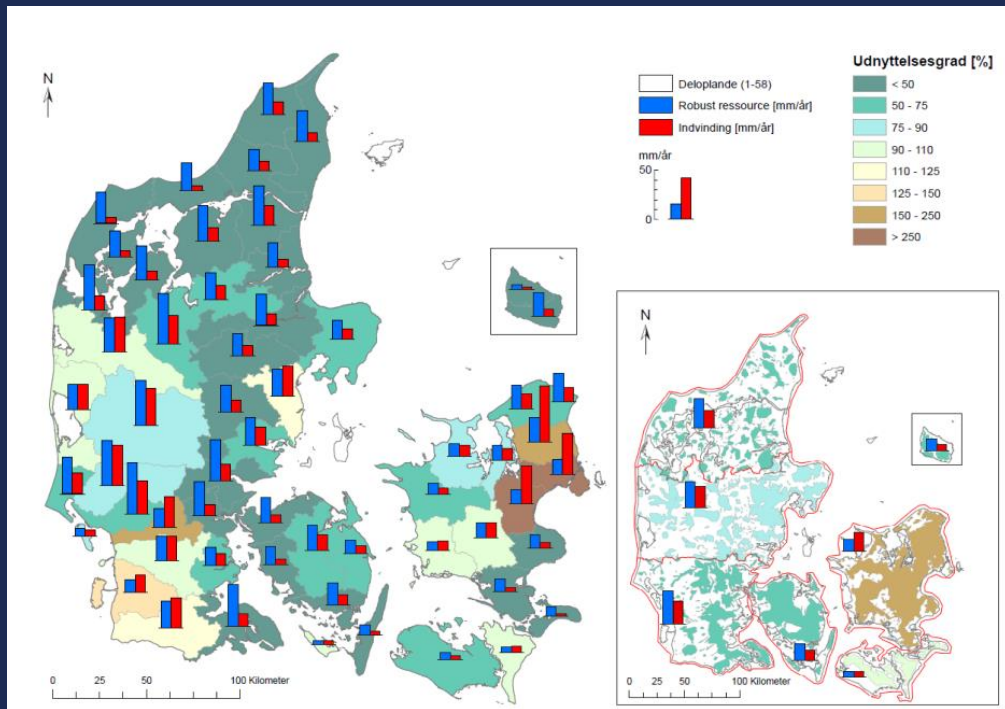
Sammenhængen mellem energi og vand bliver således, at en produktion på 1 GW kan omsætte 1,5 mio m³/år (med en produktionstid på 5000 timer). Der er kæmpe fokus på forsynings-sikkerhed og fleksibilitet/kapacitet – der skal bare være vand, når der er grøn strømproduktion

Electrolyzer capacity	1 GW
UPW need	200 m ³ /h
Raw water need (WW)	300 m ³ /h
PtX capacity factor	5000 h/year
Yearly water abstraction	1 500 000 m ³ /year

Drikkevand fra forsyningerne?



- Langt de fleste forsyninger kan ikke levere de nødvendige vandmængder
- Kun ca. 100 forsyninger indvinder mere end 1 mio. m³/år
- De fleste udnytter deres indvindingstilladelse fuldt ud
- Udvidelser af indvindingstilladelser er en kompliceret og en langvarig proces – typisk 3-5 år men ofte længere, hvis der er tale om større vandmængder



Er der nok grundvand til PtX ?

GEUS vandressource (2023):

- Den bæredygtige grundvandsressource er opgjort for delområder i DK
- Der er få områder, hvor der bæredygtigt kan indvindes mere grundvand end i dag
- Nordjylland og dele af Øst- og Sydøstjylland samt Fyn har uudnyttede ressourcer

Hvor kan vandet så komme fra?

Renset spildevand

Myndighedsbehandling:

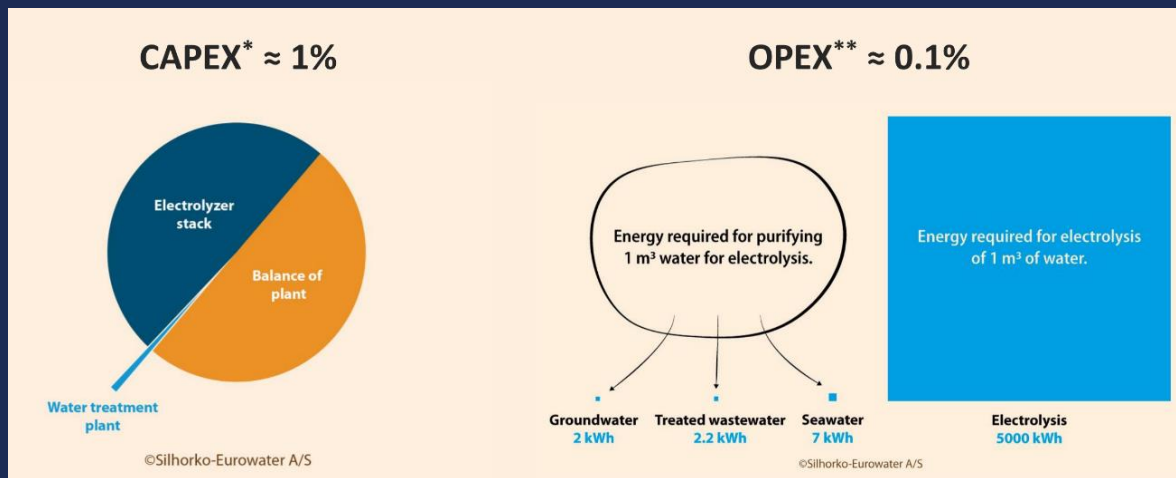
- Relativ nem opnåelse af tilladelse

Rensningsbehov:

- Forholdsvis omfattende rensning nødvendig

Tilgængelighed:

- Op imod 130 mio. m³ årligt tilgængeligt, men forsyningssikkerhed?



- Anlægsomkostninger for vandbehandlingsanlæg (vandkilde til UPW) er ca. 1% af de samlede omkostninger for PtX anlæg

- Driftsomkostninger til vandbehandling er ca. 0,1% af de samlede omkostninger !!!

Hvor kan vandet komme fra – fordele og ulemper

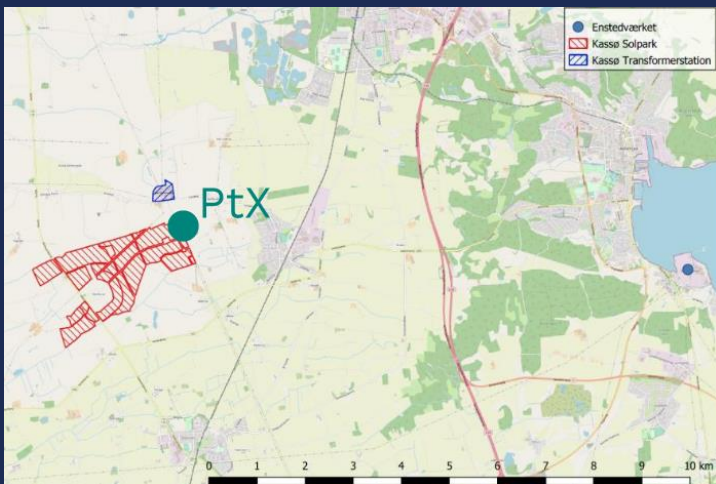
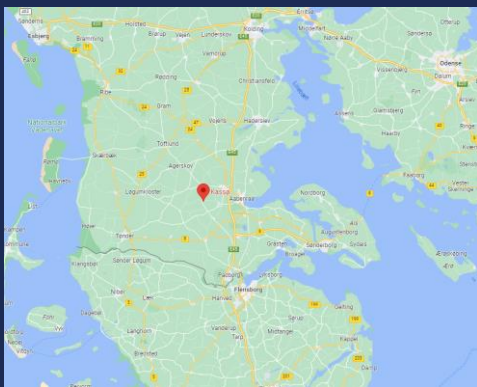
Vandkilder	Myndigheds- behandling	Rensebehov	Tilgængelighed
Havvand	Neutral	Ulempe	Fordel
Overfladevand	Mindre ulempe	Mindre ulempe	Mindre ulempe
Grundvand	Ulempe	Fordel	Mindre ulempe
Terrænnært grundvand	Mindre fordel	Mindre fordel	Mindre fordel
Renset spildevand	Fordel	Ulempe	Fordel
Drænvand	Fordel	Mindre ulempe	Mindre fordel

Legend:

- Fordel
- Mindre fordel
- Neutral
- Mindre ulempe
- Ulempe

European Energy anlæg ved Kassø

- Lille anlæg !
- 300 MW ved sol-energi
- 4,5 hektar for det samlede anlæg
- Mål om at producere op til 44.000 ton e-methanol årligt
- Vandbehov på 91.800 m³/året
- Spildevandsstrøm: 56.000 m³/år





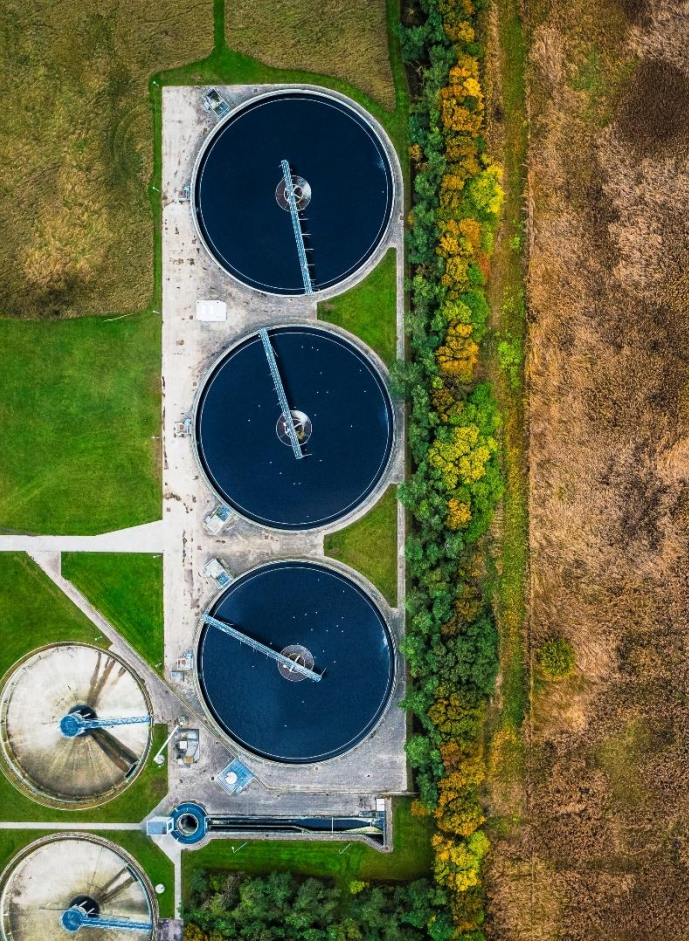
Vandkilde til PtX-anlægget ved Kassø

- Området omkring Kassø er meget vådt
- Potentielle vandkilder blev vurderet ud fra den valgte placering
- To vandkilder:
 - 2/3-del som grundvand fra egne borer (gamle markvandsboringer i området)
 - 1/3-del som drikkevand fra lokal forsyning

Spildevandet fra Kassø

- Spildevandsstrømme fra anlægget ledes til lokalt rensningsanlæg
- Der er ca. 19.000 m³/år fra vandbehandlingen (destilleringsproces)
- Opkoncentreret rejeckt vand fra elektrolyseanlæg ca. 37.000 m³/år





Myndighedsbehandling en ved Kassø-projektet

Dokumentation:

- Miljøkonsekvensvurdering
- Basistilstandsrapport
- Medbenyttelsesaftale
- Vandhåndteringsplan
- Miljøscreening til spildevandsplan
- Input ift. tillæg til spildevandsplan
- Robusthedsanalyse for vandløb

Samt myndighedsansøgninger til:

- Miljøgodkendelse
- Midlertidig/endelig udledningstilladelse
- Nedsivningstilladelse
- Vandløbsreguleringstilladelse
- Krydsningstilladelse
- Tilslutningstilladelse

Placering af fremtidige PtX-anlæg

- **Flere faktorer fastsætter placering af PtX-anlæg**
 - Hvor bliver energien produceret
 - Hvor kan hydrogen bruges direkte eller lagres
 - Hvor kan der produceres CO₂ til den videre syntese
- **Der er fokus på forsyningssikkerhed - men vandkilder har ikke tidligere fået fokus**
- **Myndighedstilladelser bliver et stort issue i de kommende år for udviklerne – der bør laves fast track for den grønne omstillings skyld**





De aktuelle problemstillinger

- Sikre en afbalanceret brug af de lokale vandressourcer
- Vandforsyning og spildevandsstrømme indtænkes som en parameter for valg af placering
- Myndighederne skal stille krav, men må ikke blive flaskehalse

Tak for jeres opmærksomhed!



Anders Refsgaard

anre@cowi.com



Fjernvarme med Drikkevand

- Erfaringer og perspektiver

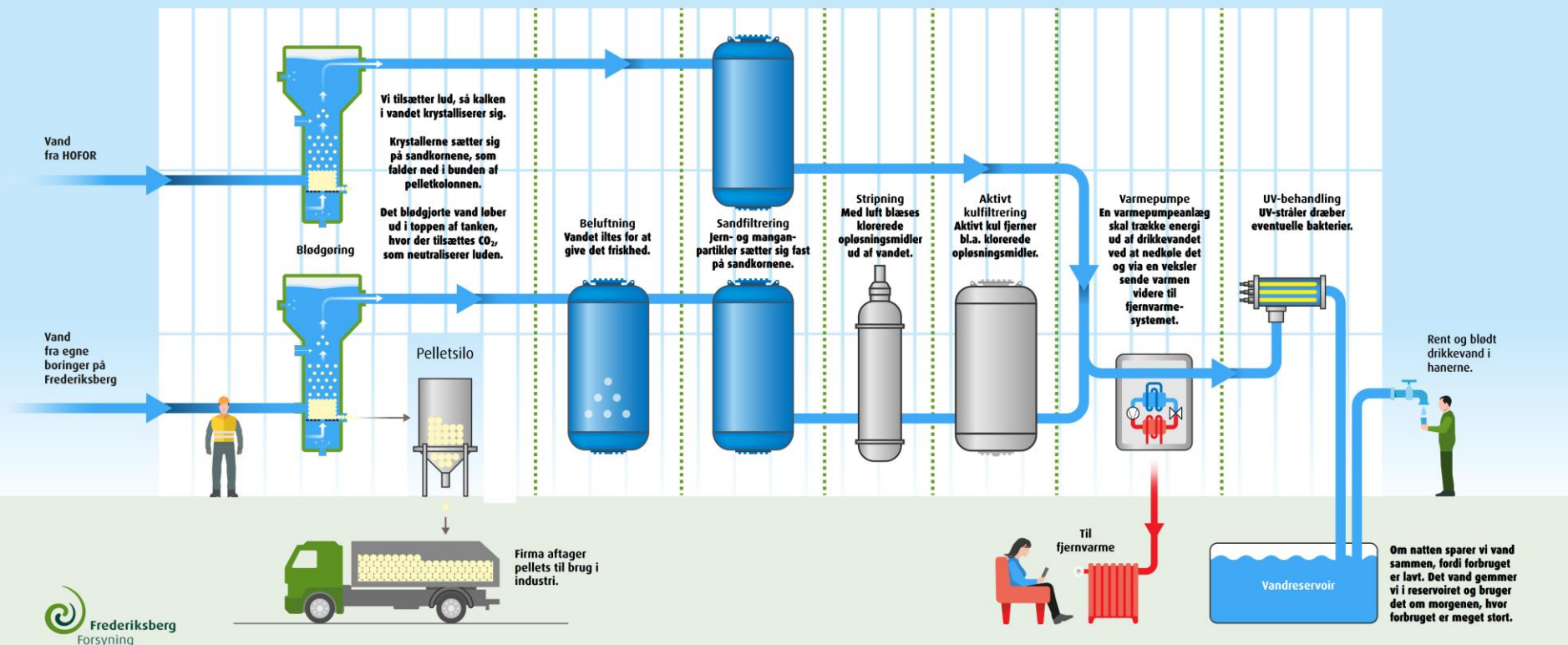
Vandforsyningen

Fakta

- Nyt vandværk 2022/2023
- 5,4 mio. m³ vand/år
- 2,4 mio. egenproduceret
- 185 km hovedledninger
- 98 km stikledninger
- Hovedparten af ledningsnettet er støbejern
- Gennemsnitsalder + 80 år



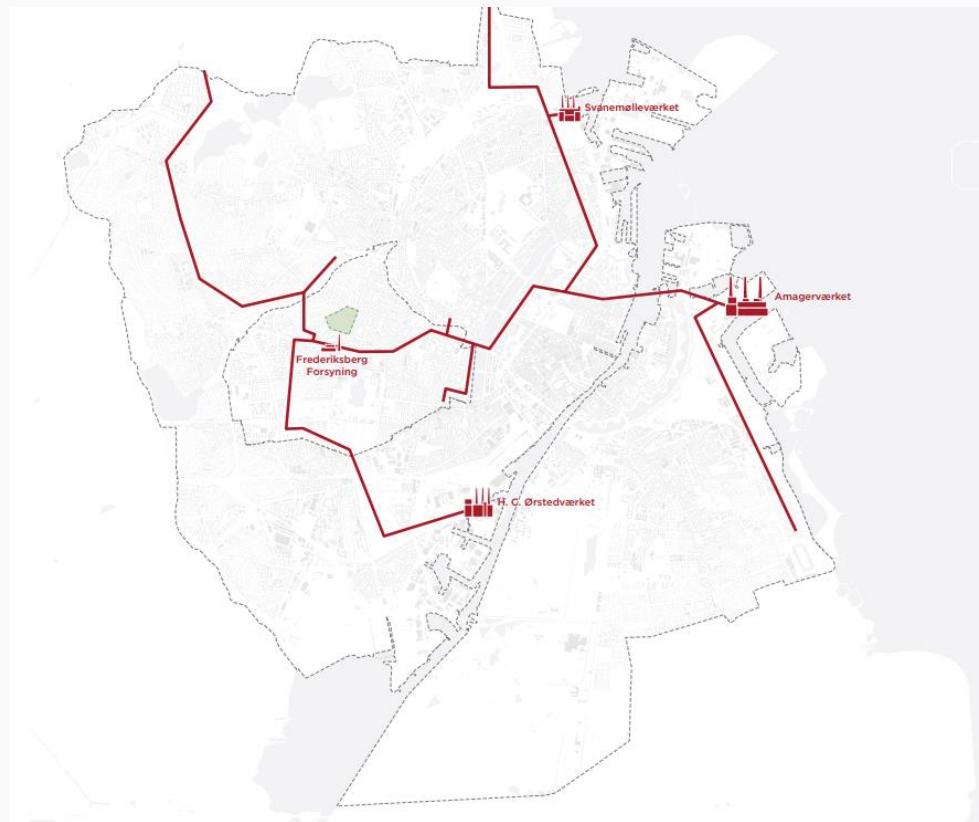
Vandforsyningen



Fjernvarmen

Fakta

- Varmeforbruget i 2022 var 646.261 MWh
- 99,5% af alle husstande på Frederiksberg modtager fjernvarme
- 4.403 kunder/målere
- 189 km ledninger
- Varmen produceres ikke på Frederiksberg



Vi har tre principper for bæredygtighed

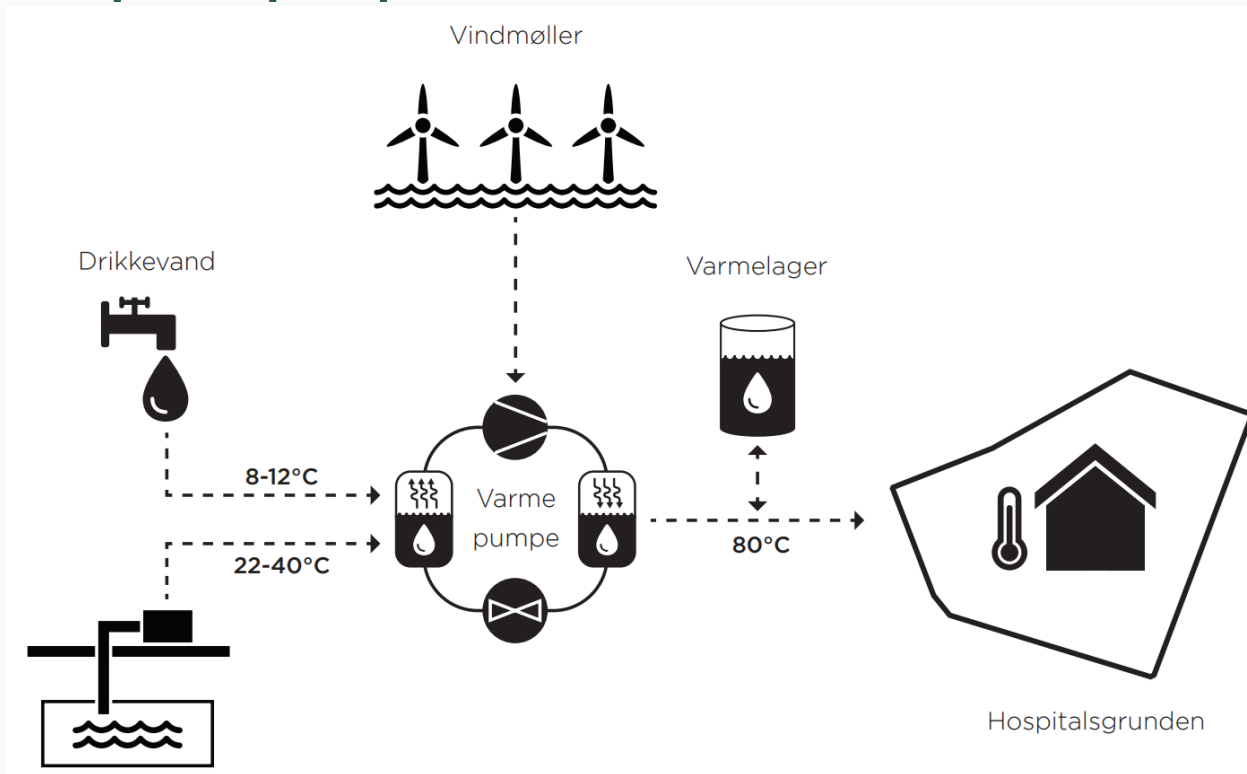
Miljømæssig bæredygtighed

- handler om:

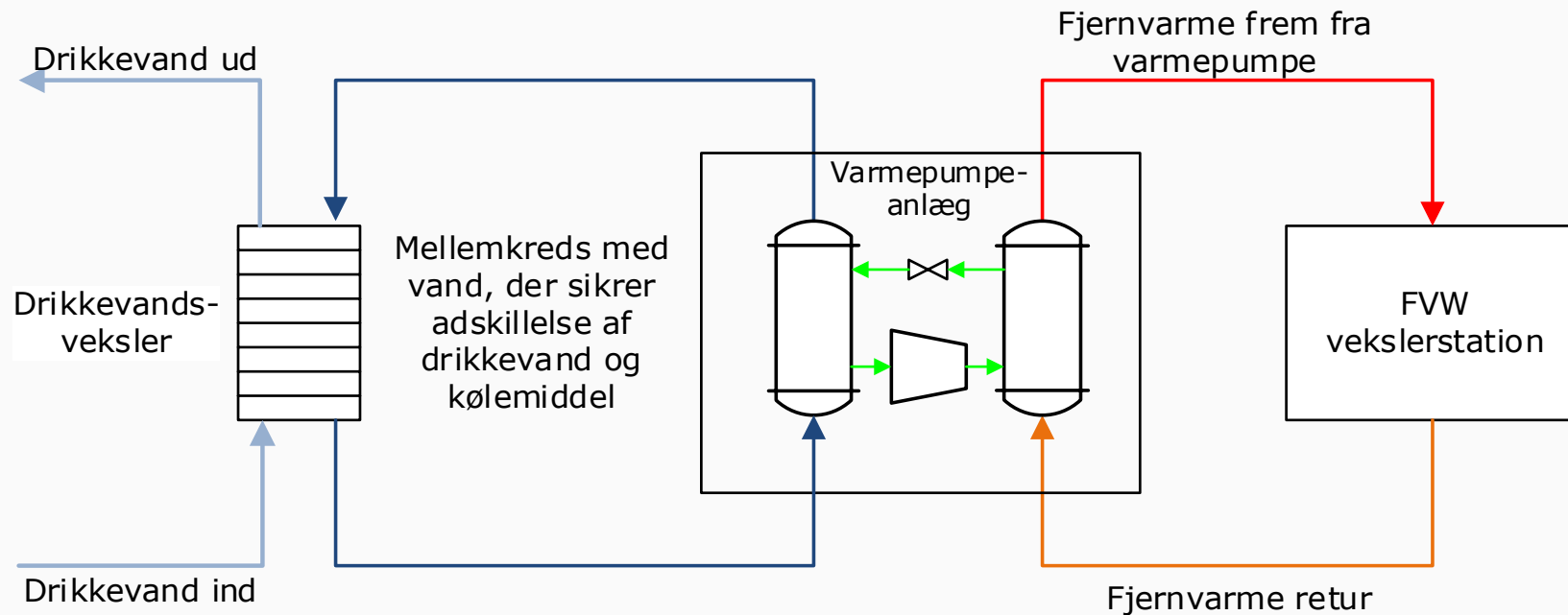
- at reducere det aftryk, vi sætter på jorden
- at bidrage til den grønne omstilling



Varmepumpe på drikkevand



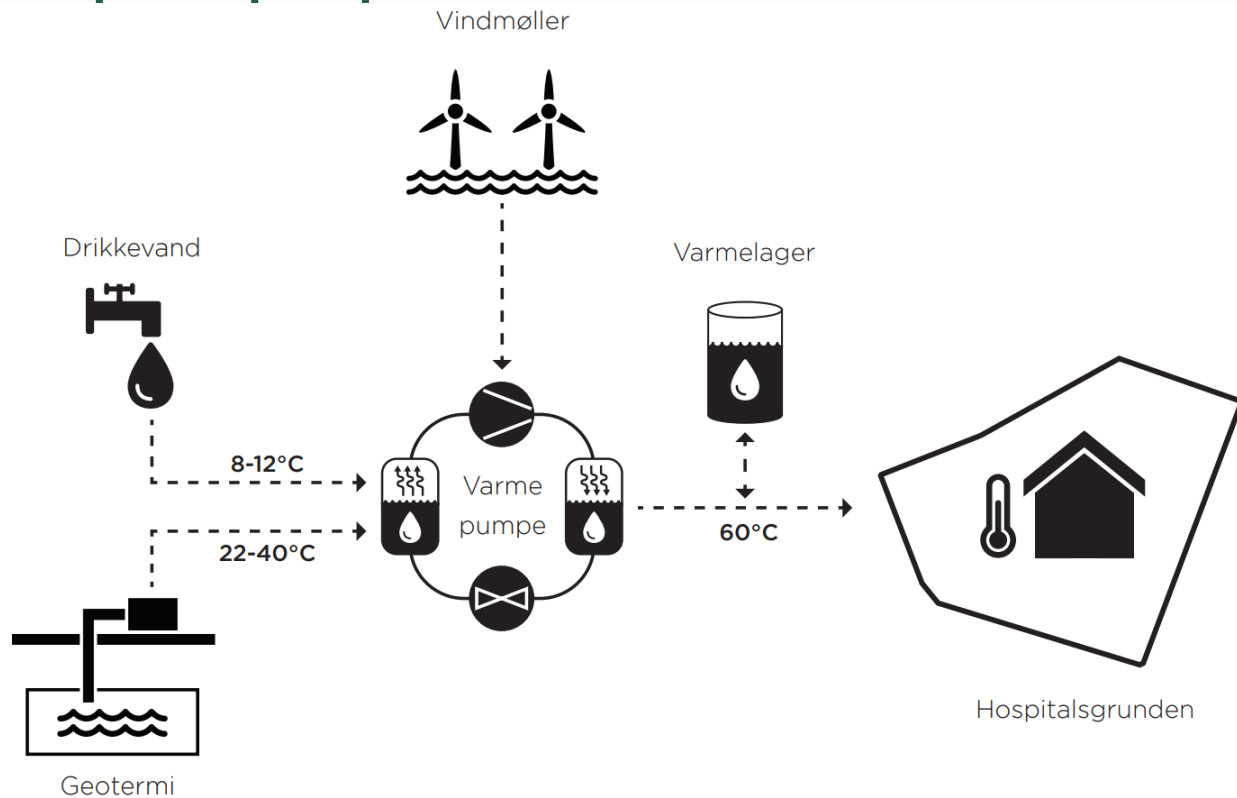
Varmepumpe på drikkevand



Varmepumpe på drikkevand

Varmepumpe kører	5.000	timer	ved 5 MW
Det svarer til	7	måneder	ved 5 MW
Og årlig produktion på	25	GWH	
Vi kan spare ca	10	%Med temperatur på 60 grader ift. 80 grader	
Vi nedkøler vandet ca	6	grader	Fra 11 til 5 grader
Frb Varmeforbrug er	730	GWH	
Så varmepumpen producerer	3	%	af varmebehovet
Der kommer	600	m3	vand i timen
Det svarer til	5 mio.	m3	vand om året
Rentvandstanken er på	2300	m3	
Det svarer til	ca 4	timer	
2/3 af danske boliger er på fjernvarme.	3/4 er VE		

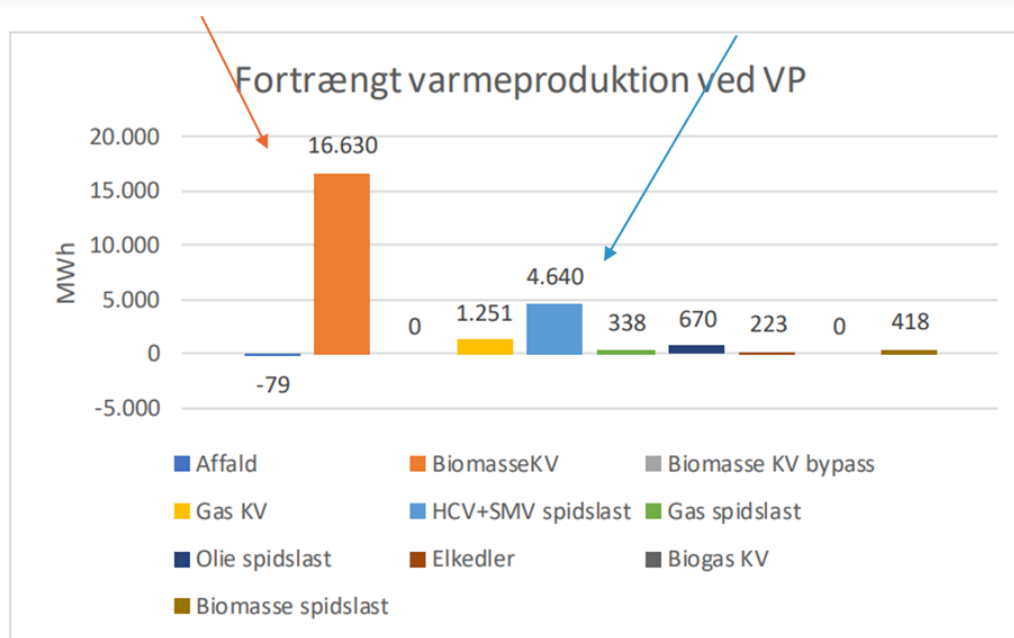
Varmepumpe på drikkevand



Varmepumpe på drikkevand

Biomasse KV

HCV+SMV spidslast (naturgas)

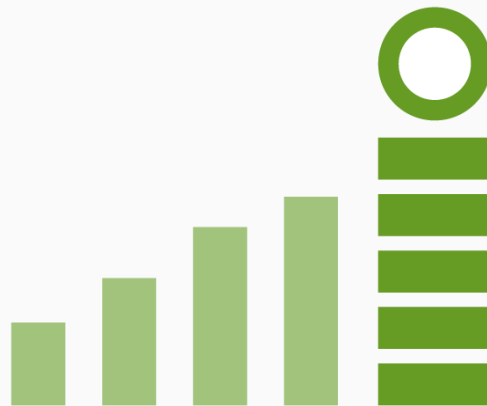


Vi har tre principper for bæredygtighed

Økonomisk bæredygtighed

- handler om:

- at sikre en sund økonomi i Frederiksberg Forsyning
- at løser vores opgave, så borgere og virksomheder på Frederiksberg har en solid og sikker forsyning



Økonomi

En del af det samlede fjernvarmesystem i hovedstadsområdet

- Vi bestemmer ikke selv driftstid, men skal byde ind på Varmelast
- Anlæg etableres i samarbejde mellem Frederiksberg Fjernvarme og CTR
- Vi forventer mere driftstid i takt med udfasning af eksisterende kapacitet

En del af det samlede fjernvarmesystem i hovedstadsområdet

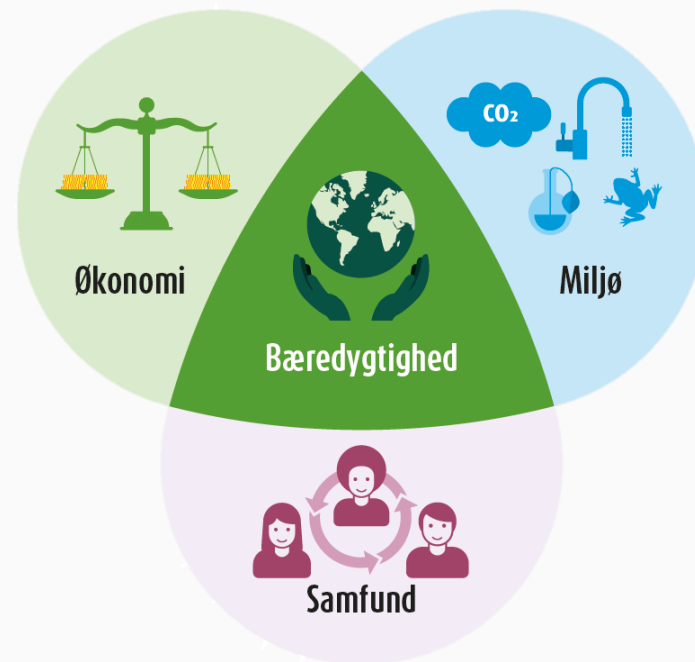
- Anlægsomkostninger
- COP
- El-prisen



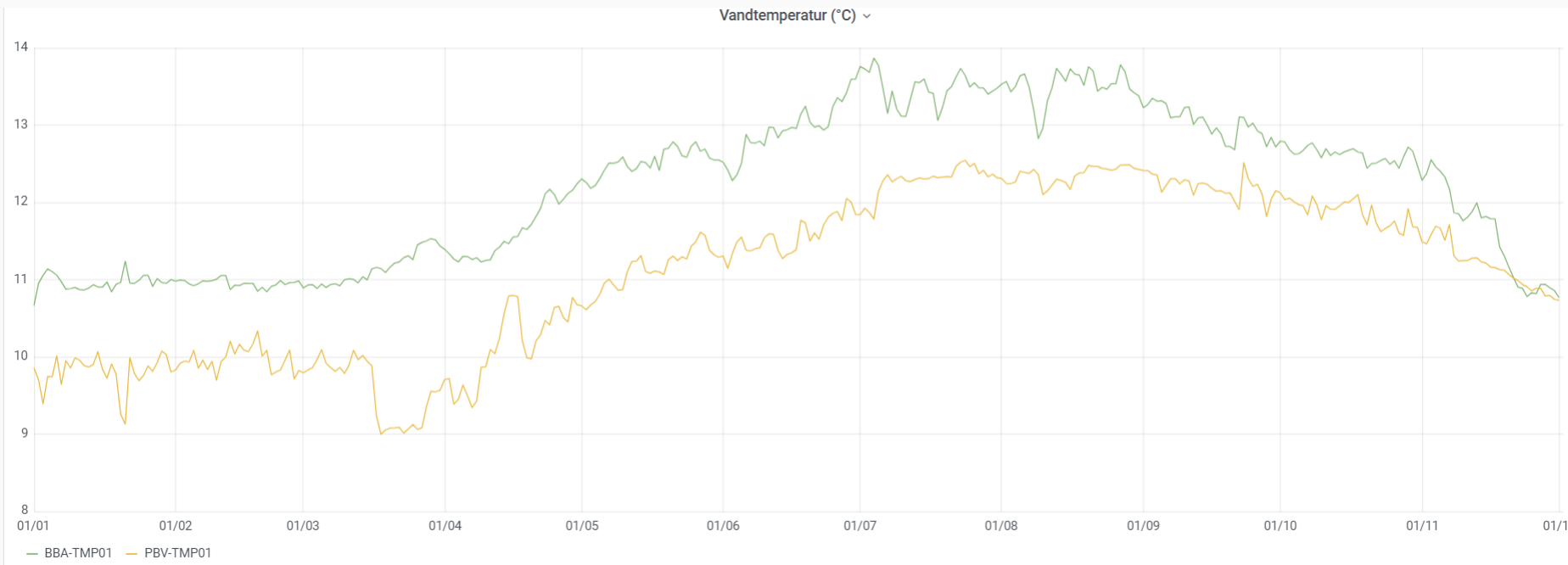
Økonomi

En nødvendig forudsætning for godkendelse af projektforslaget er, at projektet er samfundsøkonomisk fordelagtigt.

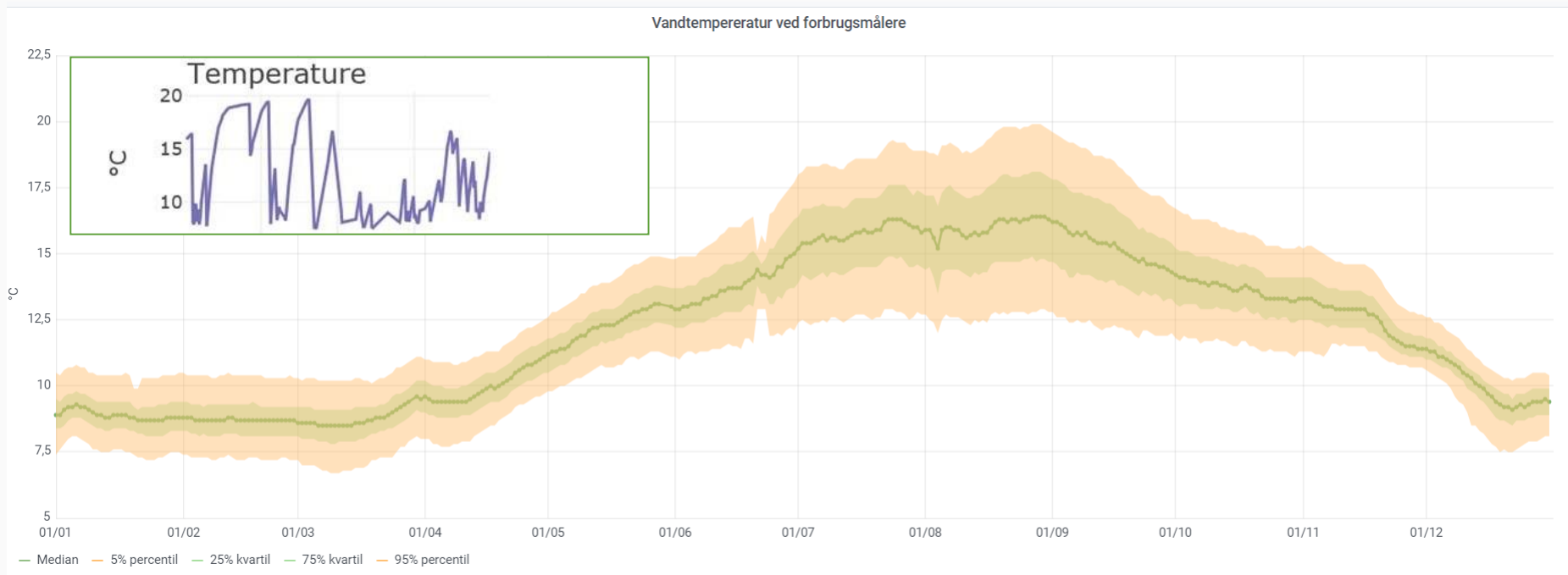
- Den samfundsøkonomiske analyse viser en positiv difference på ca. 22 millioner over en tyveårig periode, det svarer til 15% af referencescenariet (uden varmepumpe).
- Genopvarmning af vand hos forbrugere er medtaget (endda konservativt) i de samfundsøkonomiske beregninger.



Temperatur



Temperatur



Temperatur

	middel udetemperatur (°C)	middel jordtemperatur (°C)
jan	0,7	3,6
feb	0,4	3,5
mar	-0,7	2,9
apr	7,1	4,5
maj	11,5	8,8
jun	14,2	11,3
jul	17,8	15,1
aug	17,9	15,6
sep	14,5	14,7
okt	9,8	12,0
nov	3,4	8,9
dec	0,7	5,9
årret	8,1	8,9

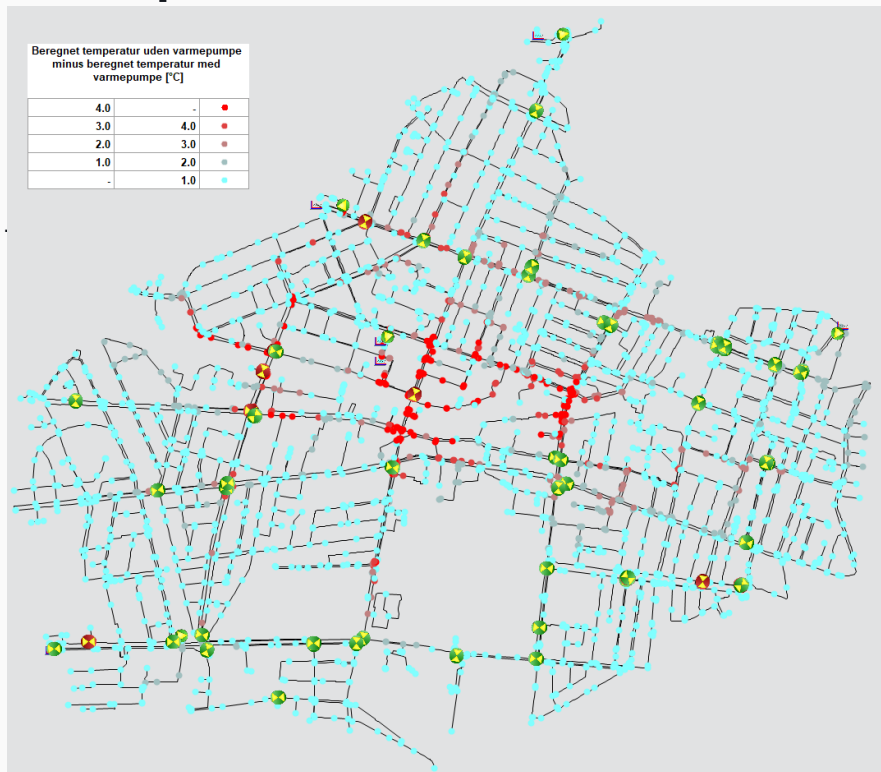
Sommer scenarie

- Sommer jordtemperatur estimeret til 16 °C (baseret på målerbrøndstemperaturer ved lavt flow for sommerperiode)
- Temperatur på vand fra VV uden varmepumpe, sommer 12 °C
- Temperatur på vand fra VV med varmepumpe, sommer og vinter 6 °C

Vinter scenarie

- Vinter jordtemperatur estimeret til 8 °C (baseret på målerbrøndstemperaturer ved lavt flow for vinterperiode)
- Temperatur på vand fra VV uden varmepumpe, vinter 11 °C
- Temperatur på vand fra VV med varmepumpe, sommer og vinter 6 °C

Temperatur



Beregninger i Thermis

- Baseret på on-line Aquis model
- 4800 forbrugsmålere med temperatur
- 16 sektionsbrønde

Vi har tre principper for bæredygtighed

Social bæredygtighed

- handler om:

- at understøtte menneskers liv
- at inddrage vores kunder
- at tage lokalt ansvar og medvirke til at udvikle Frederiksberg som en attraktiv by at bo og være i.



Diverse erfaringer

Driften af vandværket

- Mere kompliceret
- Behov for rentvandstanken på en ny måde

Andet

- Pt. meget presset anlægsmarked