

A. Indledende oplysninger:

- Indsatsområde: Teknologiuudvikling, implementering og test af Power-to-X og CCUS
- Institut: Teknologisk Institut
- Titel (som dækker indholdet af aktiviteterne): Energisystemintegration, forsyninger og energieffektivitet for PtX- og CCUS-systemer
- Nummerering (af aktivitetsbeskrivelsen): MA1-A3
- Version: 1
- Periode (forventet start- og sluttidspunkt): januar 2026-december 2026
- Kontaktperson: Mikkel Agerbæk

B. Ændringer (evt.):

Angiv her hvis en planlagt aktivitet er ændret i forhold til en tidligere offentliggjort version. Hvis det er første gang aktiviteten beskrives på bedreinnoovation.dk, kan dette punkt udelades

Aktiviteten fortsætter som planlagt, og nærværende beskrivelse uddyber hvilke aktiviteter, der vil blive gennemført i 2026.

C. Beskrivelse (overskrifter):

Mål: *Hvorfor?* Hvad er målet for aktiviteterne? Hvordan bidrager de til det overordnede mål for aktivitetsområdet?

Udvikling af optimale energiløsninger og forsyninger er afgørende for at sikre rentabiliteten og effektiviteten af PtX- og CCUS-anlæg. Aktiviteterne under A3 fokuserer på at optimere energiudnyttelsen, reducere energiforbruget i processerne og adressere vandudfordringer forbundet med PtX. Gennem indsatsperioden er målet med aktiviteterne at demonstrere fuldskala energisystemintegration for et PtX- eller CCUS-anlæg. Dette omfatter udvikling og implementering af Energy Management System (EMS) koncepter for PtX-systemer, løsninger til effektiv udnyttelse og rensning af alternative vandkilder, samt integration af overskudsvarme i eksisterende infrastruktur. Aktiviteterne sigter mod at udvikle nye testmetoder for integration af elektrolyse i el- og gasnettet med fokus på energibalancering, samt at optimere energiforsyning og -forbrug i PtX- og CCUS-anlæg gennem digitalisering og smart energistyring. Disse aktiviteter bidrager til det overordnede mål ved at øge effektiviteten og bæredygtigheden af PtX- og CCUS-teknologier, hvilket er essentielt for deres kommercielle levedygtighed og skalerbarhed. Ved at fokusere på systemintegration og ressourceoptimering understøtter indsatsen den grønne omstilling og bidrager direkte til at reducere det samlede energiforbrug og miljøpåvirkning fra disse teknologier. Udviklingen af løsninger til vandudfordringer og energieffektivisering sikrer, at PtX- og CCUS-teknologier kan implementeres bredt uden at kompromittere andre ressourcer.

Indhold: *Hvad skal der ske?* Hvilke(n) konkret(e) aktiviteter udføres

Aktiviteterne omhandler udvikling af optimale energiløsninger og forsyninger til sikring af rentabiliteten af anlæg til PtX og CCUS. Der vil være fokus på optimal udnyttelse og reduktion af energiforbruget i processerne, herunder digitalisering, samt på vandudfordringerne ved PtX. Ligeledes indgår materialekvalificering og udvikling af materialer til infrastrukturkomponenter, metoder til energioptimering af delprocesser i PtX og CCUS og udnyttelse af sekundære energistrømme.

I 2025 er udviklingsprojekter og laboratorietest for behandling og rensning af PtX-vand igangsat (herunder Vandalternativet), og kombinerede biologiske og kemiske metoder er testet i laboratoriet. Potentialeafdækning for overskudsvarme og energieffektivisering i PtX og CCUS er gennemført, og et første katalog over potentialer og konkrete løsninger er udarbejdet, inkl. muligheder for højtemperatur-varmepumper og systemintegration. EMS-strategier til energibalancering er udviklet,

og første test/simuleringsforløb for integration af elektrolyse i energisystemet er igangsat. Derudover er sammenkoblingen mellem PtX-processer og Carbon Capture-processer påbegyndt, og der er foretaget en indledende potentialeafdækning for digitaliserede løsninger til smart energistyring.

I 2026 vil der blive arbejdet videre med følgende aktiviteter:

- Fortsat udvikling og test af EMS-koncepter for PtX-systemer, inkl. simulering, validering og digitaliseringsværktøjer til fleksibel og rentabel systemintegration af elektrolyse og e-fuel produktion i el- og gasnettet.
- Studie omkring predictive maintenance for elektrolysestacke, bl.a. ved opbygning og anvendelse af ny teststand til at kvantificere effekter af vandkvalitet og driftsprofiler opstartes.
- Design og demonstration af lagringsløsninger, der matcher overskudsvarme fra PtX med varmebehov i CCUS, herunder teknoøkonomisk potentialeafdækning af kobling af CC til PtX via metanol i case study.
- Udvikling og implementering af løsninger til effektiv udnyttelse og rensning af alternative vandkilder til PtX-processer: videre laboratorie- og pilotforsøg samt partnerskaber om optimale treatment trains og netværk for PtX-vand; fokus på ultrarent vand til elektrolyse og afledt retentat.
- Etablering af første pilotprojekt for udnyttelse af sekundære energistrømme og overskudsvarme, med fokus på integration i f.eks. fjernvarme eller intern anvendelse af overskudsvarme i processerne via højtemperatur-varmepumper og brug af termisk energilagring.
- Udvikling af 1-2 konsortier til energioptimering og sektorkobling i PtX-processer, herunder koblinger til fjernvarme, energilagring og digital styring.

Aktører: Hvem udfører aktiviteterne? Hvilken afdeling af instituttet? Evt. hvilke eksterne parter er med? (Videninstitutioner, virksomheder, erhvervsorganisationer, myndigheder eller andre.)?

Aktiviteterne gennemføres i samarbejde mellem Teknologisk Instituts divisioner for Energi og Klima samt Miljøteknologi. På nationalt plan samarbejdes tæt med universiteter herunder SDU, AAU og AU om forsknings- og udviklingsprojekter inden for energisystemintegration og ressourceoptimering for PtX og CCUS. Samarbejde er etableret med DaCES samt klyngerne Energy Cluster Denmark og CLEAN for at styrke innovationsøkosystemet inden for integrerede energiløsninger.

Internationalt deltages i forskningsprojekter og netværk som Horizon-programmer samt samarbejde med internationale RTO'er som SINTEF, DLR, og Fraunhofer med fokus på energisystemanalyse og -optimering. Industrielle partnere omfatter energiselskaber, netoperatører, vandforsyningsselskaber, samt producenter af energistyringssystemer og komponenter til PtX- og CCUS-anlæg. Rådgivende ingeniørvirksomheder og energikonsulenter med ekspertise inden for systemintegration og energieffektivisering inddrages aktivt i udviklingen af integrerede løsninger. Samarbejdet inkluderer også forsyningsselskaber, kommuner og regioner for at sikre praktisk implementering og test af integrerede energiløsninger i større skala.

Aktiviteterne koordineres med Energistyrelsen, Miljøstyrelsen og relevante standardiseringsorganer for at sikre alignment med nationale strategier for energiintegration og ressourceeffektivitet, samt for at bidrage til udviklingen af standarder og regulativer inden for området.

Sammenhæng med andre projekter (evt.): Indgår aktiviteten i andre eksternt finansierede projekter? Hvilke FoU-projekter medfinansieres/planlægges medfinansieret med mindst kr. 250.000 per projekt per år?

Aktiviteterne indgår i adskillige eksternt finansierede projekter (alle med medfinansiering under kr. 250.000).

Indenfor energisystemintegration og -effektivitet:

- DYNFLEX – Digitalization and Test for Dynamic and Flexible Operation of PtX Components and Systems (DK, IFD, MissionGreenFuels).
- 2LIPP – 2nd Life power Plant (EU, Horizon Europe)
 - Viden herfra formidles bl.a. til danske virksomheder ved forskellige danske konferencer og workshops. Derudover sikres det at kompetenceopbygning der indhentes fra projektet og gennem udvikling i laboratoriet benyttes til bl.a. rådgivning af danske virksomheder.
- Demonstrating high-temperature heat pumps at different integration levels, EUDP projekt med demonstration af højtemperaturvarmepumpe i carbon capture system på biogasanlæg.
- Nitrobox – netintegration i lokalt DSO-net af container som indeholder PtX/eAmmoniak-produktion til landbruget.

Indenfor forsyninger og vandudfordringer:

- Vandalternativet – Alternative vandkilder til teknisk vand i industrien (DK, MUDP fyrtårn)
- MFS-eliminator – Miljøfarlige forurenende stoffer elimineres (DK, GUDP)

Følgegruppe: Har følgegruppen forholdt sig til aktiviteten? Hvornår og hvordan?

Advisory Board for indsatsområdet er etableret primo 2025 og der er afholdt to møder med AB i 2025; det ene ved Teknologisk Institut i Aarhus og det andet ved Everllence i København SV. AB er blevet præsenteret for de nye aktiviteter for 2026.

Formidling af resultater (evt.): Hvordan/hvor kan interesserede virksomheder og andre få viden om resultaterne af aktiviteterne? (Anføres/tilføjes hvis det ikke allerede fremgår af beskrivelsen ovenfor, f.eks. ved links til konferencer, hjemmeside, publikationer etc.)

Resultater formidles gennem en bred vifte af kanaler for at sikre maksimal udbredelse og anvendelse:

- Projektdeltagelse og demonstrationer: Involvering af interesserede virksomheder gennem deltagelse i FoU-projekter inden for energisystemintegration samt udførelse af test og demonstrationsaktiviteter ved Instituttets faciliteter for PtX- og CCUS-systemer.
- Direkte virksomhedskontakt: Gennem skræddersyede præsentationer og workshops for interesserede virksomheder inden for energisystemer, forsyning og PtX/CCUS-integration.
- Konferencer og temadage: Deltagelse og præsentationer ved relevante nationale og internationale konferencer, herunder arrangementer afholdt af instituttet og dedikerede sessioner ved den årlige GTS PtX-konference.
- Online platforme: Regelmæssige opdateringer på Instituttets dedikerede PtX-hjemmeside (www.teknologisk.dk/ydelser/44358) og LinkedIn-profil.
- Åbent hus-arrangementer: Guidede ture og præsentationer i testfaciliteter for energisystemintegration og vandbehandling for interesserede parter.
- Branchespecifikke medier: Artikler og interviews i relevante fagblade og online portaler med fokus på energisystemintegration, forsyning og effektivisering i relation til PtX og CCUS.