

Innovation Roadmap 2026 - 2027

Guidelines for innovationsaktiviteter i
Energy Cluster Denmark 2026-2027

Baseret på inputs fra energiklyngens Innovation Boards

Innovation Boards og Innovation Roadmap

Sigtelinjer fra Innovation Boards

Brancheorganisationer og videninstitutioner definerer de største teknologiske udfordringer og sigtelinjer for innovation hvert andet år - og overleverer disse til Energy Cluster Denmark.



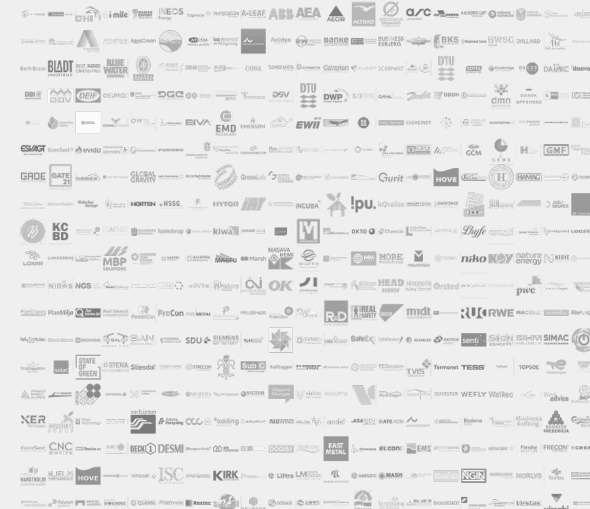
Bestyrelsen former Innovation Roadmap

På baggrund af Innovation Boards godkender bestyrelsen et Innovation Roadmap, der gælder for to år.



Sekretariat omsætter input i alle aktiviteter

Energiklyngens sekretariat implementerer udfordringerne fra Innovation Roadmap i alle innovationsprojekter og aktiviteter i energiklyngen.



Det fælles narrativ om energisystemet

Verden står overfor en historisk samfundsudfordring. Vi skal omstille det globale energiforbrug fra fossile brændsler til vedvarende energikilder på en omkostningseffektiv, bæredygtig og sikker måde. Omstillingen skal ikke kun være grøn. Den skal også sikre forsyningssikkerhed, stabil adgang til energi og lave priser for både borgere og virksomheder.

Danmark og resten af verdenen har brug for en massiv udrulning af vedvarende energiproduktion for at realisere den grønne omstilling og opfylde klimamålene. Den grønne omstilling forventes at flerdoble elforbruget gennem en omfattende elektrificering af samfundet. Men energiproduktion alene er ikke nok. For at kunne udnytte den vedvarende energi optimalt, skal vi udvikle løsninger til energilagring, eks. via batterier, termiske lagre og Power-to-X-teknologier og løsninger, der muliggør fleksibilitet mellem energibærere og i forbruget. Disse teknologier er afgørende for at balancere et energisystem baseret på sol og vind, hvor produktionen varierer over tid.

Samtidig er adgang til en robust og tilstrækkelig energiinfrastruktur en forudsætning for at sikre en effektiv og omkostningseffektiv distribution af grøn energi. Investeringer i opgradering og udbygning af energiinfrastrukturer, herunder i elnet, fjernvarme, gasnettet samt fremtidige brint- og CO₂ infrastrukturer samt digitalisering af energisystemet er en hjørnesten i at skabe et fleksibelt og sammenkoblet energisystem.

Når energien forbruges, skal den anvendes så effektivt som muligt, både hos private forbrugere, i erhvervslivet og i industrien. Energieffektivisering og intelligent styring af forbrug er centrale elementer for at reducere energispild og holde omkostningerne nede.

Endelig skal vi sikre, at grøn energi er tilgængelig for alle sektorer. Det kræver sektorkobling, hvor el, varme, transport og industri integreres i ét sammenhængende system, der kan optimeres. Særligt transportsektoren, landbruget og den tunge industri, eks. hard-to-abate industrier, skal have adgang til grønne energiformer som brint og e-fuels og nye teknologier såsom pyrolyse, så vi kan reducere CO₂-udledningen i de mest udfordrende dele af vores samfund.

Målet er klart, men vejen er snørklet og brolægges af innovation, teknologiudvikling og nye markedsdesign: en fremtid med forsyningssikkerhed, billig og grøn energi til alle, og understøttet af avanceret energiteknologi, som demonstreres og markedsliggøres.

Herigennem drives den grønne omstilling fremad.

Energiproduktion

Energiproduktion står over for store teknologiske udfordringer: Skalering og digitalisering af vindmølleproduktion, udvikling af innovative designløsninger og materialer, samt integration af vedvarende energi i komplekse energisystemer. Samtidig kræver bæredygtighed og cirkularitet nye løsninger for genbrug, biodiversitet og reduktion af miljøpåvirkninger fra sektoren.

Industrialisering og skalering

- Hurtigere installation og idriftsættelse af offshore vindparker gennem effektive metoder og automatisering.
- Nedbringelse af LCOE* af vind via innovation og standardisering inden for transport, logistik og vindmølleeffektivitet.
- Digitalisering og automatisering af produktionsprocesser samt udvikling af robuste, regionale supply chains for at reducere risici ved materiale- og komponentsourcing.

*Levelized Cost of Energy

Integration og test-infrastruktur

- Udvikling af testfaciliteter til systemintegration med fokus på vindmøller, energilagring og energikonvertering og test af subkomponenter via tidlige simuleringer, digital twins, virtuelle og digitale testservices.
- Forskning og udvikling i systemdynamik og udvikling af komponenters styrbarhed, robusthed og fleksibilitet i energisystemet.
- Udnyttelse af VE (vind, sol, bølger) til reduktion af naturgasforbrug i olie- og gasoperationer.

Design og innovation af vindmøller og vindparker

- Udvikling af avanceret effektelektronik og AI-baserede kontrolsystemer for øget effektivitet og styring.
- Innovation i vindmølle- og parkdesign, inkl. løsninger til ikke-nettilkoblede systemer (eks. PtX-produktion).
- Test og optimering af aerodynamik/aeroelasticitet samt udvikling af lav-cost materialer.

Bæredygtighed og cirkularitet

- Forskning i støjreduktion og vindmøllers påvirkning af biodiversitet for at sikre sameksistens med økosystemer og social accept.
- Substitution af uønskede materialer og øget genanvendelighed i vindenergisektoren.
- Etablering af marked og teknologier til genbrug af restprodukter og komponenter fra nedtagne installationer.

Effektivisering og dekommissionering

- Automatisering og rationalisering af bore-, vedligehold- og logistikoperationer for at øge energieffektivitet.
- Omkostningseffektive løsninger til dekommissionering af olie- og gasanlæg samt genanvendelse af materialer.
- Monitorering af miljøpåvirkninger under og efter nedtagning af installationer af energiproduktionsanlæg

Energilagring

Energilagring er afgørende for at balancere fremtidens energisystem, men kræver store teknologiske fremskridt: Fra avancerede testfaciliteter og nye batterikemier til termiske lagre og hybridløsninger. Samtidig skal vi sikre sikkerhed, skalerbarhed og integration på tværs af sektorer for at skabe et fleksibelt og robust energisystem.

Testinfrastruktur og systemintegration

- Udvikling af avancerede testfaciliteter og metoder til integration af energilagring med vindmøller, elnet og PtX-systemer.
- Performance-test af komponenter og systemer under realistiske driftsforhold for at accelerere modning af energilagringsteknologier, især inden for højtemperatursmaterialer.

Batteriteknologi og sikkerhed

- Strategisk udvikling af nye batterikemier (natrium-ion, solid-state) og styringssystemer (BMS) for øget ydeevne og sikkerhed.
- Håndtering af brand- og forsyningskæderisici samt etablering af cirkulære løsninger for genanvendelse og second-life batterier.

Systemintegration og hybridløsninger

- Udvikling af hybrid power plants med samplacering af vedvarende energikilder og energilagring for bedre netudnyttelse og forsyningsikkerhed.
- Udnyttelse af elbilers lagringspotentiale (V2G) i compliance med kommende EU direktiver og integration af BESS i DC-applikationer og fast-charging stationer.

Termisk energilagring

- Skalering af højtemperatur og lavtemperaturlagre til industri og fjernvarme, inkl. udvikling af nye lagringsmedier og varmevekslere.
- Demonstration og udvikling af kuldelagre til industrien, eks. til datacentre og lignende industrier med ikke fleksibelt køleforbrug, herunder integration af faseskiftende materialer (PCM) for kompakt og effektiv kuldelagring.

Storskala teknologier og nye anvendelse

- Udvikling af termiske teknologier som PTES og TTES (damvarmelagre og ståltanke) optimeret til nye markeder, f.eks. med fokus på modularitet, lavere CAPEX og tilpasning til varierende klimaforhold.
- Udvikling af løsninger til områder uden fjernvarme, eks. i industriparker, landdistrikter.

Energiinfrastruktur

Fremtidens energiinfrastrukturer skal håndtere en massiv elektrificering og integration af nye teknologier fra energiøer og offshore HVDC-net til brint- og CO₂-infrastruktur. Samtidig kræves fleksible løsninger for e-mobilitet og varme samt borgerinddragelse for at sikre en robust og socialt accepteret omstilling.

Udbygning og balancering af energisystemet

- Avanceret modellering og design af et 100% VE-baseret energisystem med fokus på systemdynamik og identificering af flaskehalse - samt identificering af de systemkomponenter, der hindrer omstillingen.
- Integreret planlægning af el-, gas-, varme- og PtX-infrastrukturer for optimal drift og fleksibilitet.

Offshore infrastruktur og energiøer

- Udvikling og integration af energiøer med kobling til eltransmissionsanlæg.
- Teknologiudvikling til offshore eltransmissionsnet (HVAC/HVDC), multiterminaler og markedsintegration.

Nye infrastrukturer og sammentænkning af infrastrukturer

- Etablering af infrastruktur til transport og lagring af brint, CO₂ og PtX-produkter samt flydende brændstoffer som ammoniak og metanol.
- Bedre udnyttelse af fremtidens fjernvarmekilder (varmepumper, geotermi, termonet, solvarme, overskudsvarme m.m.) og udvikling af fremtidens 4. generations lavtemperatur fjernvarmenet og -teknologier.

E-mobilitet og fleksible forbrugsløsninger

- Udbredelse af smart ladning og dataintegration for at understøtte fleksibilitet i elsystemet.
- Incitamenter til etablering af ladeinfrastruktur, der kan levere balancerings- og systemydelser til elnettet.

Lokal accept og godkendelsesprocesser

- Nye metoder og tilgang til co-creation og kommunikation med lokalsamfund for at sikre lokal accept af nye energiinfrastrukturer og ved etablering af nye energianlæg, eks. onshore vind, biogas, onshore CO₂ lagring og PtX anlæg.
- Digitalisering af sagsbehandling af nye energianlæg og brug af kunstig intelligens til hurtigere behandling af de enkle og standardiserede sager, mens de komplekse sager sendes videre til en sagsbehandler.

Energieffektivitet

Energieffektivitet er afgørende for at reducere energiforbrug og udnytte ressourcer optimalt: Fra elektrificering af industrien og smarte bygninger til Power-to-X, varmepumper og udnyttelse af overskudsvarme. Samtidig skal adfærd og digitale teknologier spille sammen for at skabe et fleksibelt, smart og energieffektivt energisystem.

Elektrificering og fleksibilitet i industrien

- Udvikling og demonstration af teknologier til elektrificering af højtemperaturprocesser, herunder store varmepumper og hybridløsninger.
- Intelligent styring af energitunge processer og design og test af markedsbaserede incitamenter, der gennem innovative markedsmekanismer belønner fleksibel elforbrug i knappe timer.

Varmepumper og hybridløsninger

- Effektivisering af varmepumper til høje temperaturer og udvikling af elektriske hybridløsninger med termiske lagre.
- Udvikling af løsninger til at skabe fleksibilitet og hurtig op-/nedregulering for at understøtte balancering i elsystemet.

Smarte bygninger og adfærd

- Integration af bygninger i energisystemet gennem digitale styringssystemer og interoperable standarder.
- Datadrevet optimering af bygningsdrift, energirensning af installationer og automatiseret indregulering for at reducere spild og øge fleksibilitet.
- Nudging og motivationsbaserede tariffer for at fremme energieffektiv adfærd hos forbrugere.

Store industrielle forbrug og processer

- Videreudvikling af CCS/U-processer med fokus på reduktion af energispild og genbrug af varme.
- Energieffektive køleløsninger og varmegenvinding i datacentre.
- Sikring af fleksibel drift af PtX anlæg og udnyttelse af overskudsvarme til fjernvarme for at balancere energisystemet.

Effektelektronik og smarte energisystemer

- Innovation i fremtidens inverter-baserede energisystem.
- Energieffektivisering af elektrolyse og konverteringsprocesser samt optimering af effektelektronik til styring og konvertering af elektricitet.

Sektorkobling og CCUS

Sektorkobling og CCUS er afgørende for at skabe et fleksibelt og klimaneutralt energisystem: Fra store PtX-anlæg og elektrolyseteknologier til CO₂-fangst, lagring og anvendelse i grøn kemi. Samtidig åbner kaskadeudnyttelse og pyrolyse nye veje til at reducere emissioner og skabe værdifulde produkter.

Udvikling og integration af PtX-anlæg og -teknologier

- Design og placering af store PtX-anlæg til produktion af e-fuels og grønne kemikalier til transport og industri med optimal integration til el-, varme-, gas- og CO₂-infrastrukturer.
- Teknologjudvikling inden for elektrolyse (PEM, SOEC) med fokus på prisreduktion, skalerbarhed og fleksibilitet.

Sektorkobling mellem energinfrastrukturer

- Udvikling af markedsdesign og teknologier, der sikrer effektivt samspil mellem el-, varme-, gas- og vandinfrastrukturer for at fremme fleksibilitet og optimere energisystemet
- Etablering af design, der prioriterer den billigste fleksibilitet først og skaber adfærd, som maksimerer effektiv brug af energi.

CCUS-teknologier og infrastruktur

- Fangst, transport og lagring af CO₂ fra biogene og fossile kilder, inkl. udvikling af standarder og billige løsninger til rør, tanke og skibe.
- Geologiske undersøgelser for CO₂ lagring onshore og offshore samt innovation i anvendelse af fanget kulstof til brændsler og materialer.

Biogen CO₂ og kaskadeudnyttelse

- Integration af biogen CO₂ i PtX og grøn kemi til industriel anvendelse.
- Udvikling af værdikæder, hvor biogas indgår i kaskader med fødevarer, grøn kemi og materialer for højere værdiskabelse.

Kulstoflagring og pyrolyse

- Kombination af biogasproduktion med pyrolyse af restbiomasser for kulstofbinding i jord og byggematerialer.
- Demonstration af lagring af biokul som klimaløsning i fuld skala.

Digitalisering, Cyber- og Forsyningssikkerhed

Digitalisering, cyber- og forsyningssikkerhed er fundamentet for fremtidens energisystem: Fra digitale tvillinger og avanceret dataudveksling til robuste og sikre energinfrastrukturer. Målet er et fleksibelt, sikkert og effektivt energisystem, der udnytter data og teknologi til at optimere drift og beskytte kritisk infrastruktur.

Digital infrastruktur og systemintegration

- Udvikling af systemarkitektur til styring på tværs af energiformer (el, varme, gas) inkl. microgrids og energifællesskaber.
- Implementering af digitale tvillinger til simulering, overvågning og optimering af energisystemer.

Cybersikkerhed og fysisk sikkerhed

- Beskyttelse af energinfrastrukturer mod cyberangreb gennem sikkerhed per design, GDPR-compliance og robuste datadelingsløsninger.
- Udvikling af løsninger mod fysiske trusler, herunder droner, radarer og overvågningssystemer.

Dataudveksling og governance

- Etablering af åbne standarder for dataudveksling og governance-strukturer for open data spaces.
- Sikring af anonymisering og beskyttelse af personfølsomme data uden at miste værdien af data til fleksibilitets- og optimeringsformål.

Markedsintegration og fleksibilitet

- Digitale platforme og aggregatorer til aktivering af fleksibilitet i el- og varmemarkedet.
- Udvikling af nye markedsdesigns og prissignaler, der understøtter handel med fleksibilitet på tværs af sektorer.

Smart maintenance og asset management

- Digitalisering af vedligeholdelsesprocesser og integreret asset management for at reducere nedetid og optimere drift af energianlæg og -systemer.
- Anvendelse af AI og machine learning til forecasting, optimering og intelligent styring af energiforbrug.

Ændringer i Innovation Roadmap 2026-2027

Energiproduktion:

- Større fokus på digitalisering og automatisering af produktionsprocesser samt robuste regionale supply chains.
- Tilføjelser om AI-baserede kontrolsystemer og avanceret effektelektronik.
- Større vægt på miljø og bæredygtighed i et bredere perspektiv, eks. biodiversitet, støjreduktion, genanvendelse af materialer.

Energilagring:

- Udvidet med hybridløsninger (eks. BESS i DC-applikationer) og termiske lagre til fjernvarme og industri.
- Fokus på batteriteknologi samt fokus på brand- og forsyningskæderisici.

Energiinfrastruktur:

- Mere detaljeret offshore eltransmissionsnet (HVAC/HVDC) samt multiterminaler.
- Tilføjelser om borgerinddragelse og social accept samt digitalisering af sagsbehandling hos myndigheder.

Energieffektivitet:

- Tilføjelser om nudging og motivationsbaserede tariffer samt datadrevet optimering af bygninger.
- Fokus på effektelektronik til inverter-baserede systemer.

Sektorkobling og CCUS:

- Tydeligere fokus på biogen CO₂, pyrolyse og kaskadeudnyttelse.
- Mere detaljeret om markedsdesign for fleksibilitet og integration af PtX med el-, varme- og gasinfrastrukturer.

Digitalisering, Cyber- og Forsyningssikkerhed:

- Nyt fokusområde.
- Særsomt fokus på digitale tvillinger, open data spaces, AI til forecasting og asset management.
- Større vægt på cybersikkerhed per design og beskyttelse mod fysiske trusler på infrastruktur.