



EUROPA-
KOMMISSIONEN

Bruxelles, den 15.11.2022
COM(2022) 643 final

RAPPORT FRA KOMMISSIONEN TIL EUROPA-PARLAMENTET OG RÅDET

Fremskridt med hensyn til konkurrenceevnen for rene energiteknologier

Indholdsfortegnelse

1.	Indledning	1
2.	Samlet konkurrenceevne for EU's rene energisektor	3
	2.1 Baggrund: den seneste udvikling	3
	2.1.1 <i>Energipriser og -omkostninger: nyere udviklingstendenser</i>	3
	2.1.1 <i>Globale ressource- og materialeforsyningskæder: sårbarheder og forstyrrelser</i>	5
	2.1.2 <i>Konsekvenserne af covid-19 og genopretningen</i>	7
	2.1.3 <i>Menneskelig kapital og menneskelige færdigheder</i>	9
	2.2 Forsknings- og innovationstendenser	12
	2.3 Det globale konkurrenceprægede miljø for ren energi	15
	2.4 Finansieringslandskabet for innovation i EU	17
	2.5 Virkninger af systemiske ændringer	20
3.	Fokus på vigtige teknologier og løsninger for ren energi	21
	3.1 Solceller	21
	3.2 Hav- og landvindenergi	23
	3.3 Varmepumper til bygninger	25
	3.4 Batterier	27
	3.5 Produktion af vedvarende brint ved hjælp af vandelektrolyse	29
	3.6 Vedvarende brændstoffer	31
	3.7 Intelligente teknologier til energiforvaltning	34
	3.8 Vigtigste resultater vedrørende andre rene energiteknologier	37
4.	Konklusion.....	39
	BILAG I: Metodologisk ramme for vurdering af EU's konkurrenceevne	42

1. INDLEDNING

Ruslands uprovokerede og uberettigede militære aggression mod Ukraine har i høj grad forstyrret verdens energisystem. Den har vist, at EU er alt for afhængig af russiske fossile brændstoffer, og understreget behovet for at øge modstandsdygtigheden i EU's energisystem, som allerede var blevet udfordret af covid-19-krisen¹. De rekordhøje energipriser og risikoen for forsyningsknaphed i hele EU har gjort det endnu mere presserende at fremskynde den dobbelte grønne og digitale omstilling under den europæiske grønne pagt² og sørge for et mere sikkert, økonomisk overkommeligt, modstandsdygtigt og uafhængigt energisystem.

2022 har været præget af REPowerEU-planen³, som er et afgørende element i EU's politiske reaktion på denne hidtil usete krise. Planen er en køreplan for udfasning af EU's afhængighed af import af russisk energi så hurtigt som muligt gennem foranstaltninger vedrørende energibesparelser, diversificering af energiforsyningen og fremskyndet udrulning af vedvarende energi.

Desuden har Kommissionen med meddelelsen "Spar på gassen til en sikker vinter"⁴ fremlagt en plan om at reducere gasforbruget i EU med 15 % indtil næste forår. Rådet har vedtaget to forordninger om henholdsvis oplagring og koordinerede foranstaltninger til reduktion af efterspørgslen efter gas⁵. I september 2022 nåede Rådet til enighed om Kommissionens forslag til en "forordning om et nødindgreb for at imødegå høje energipriser"⁶ for at afbøde energiprisernes indvirkning på EU's forbrugere og samtidig imødegå den hidtil usete volatilitet og usikkerhed på EU's og de globale energimarkeder. Denne intervention omfatter navnlig en reduktion af elforbruget, et indtægtsloft for inframarginal elproduktion og et midlertidigt, obligatorisk solidaritetsbidrag fra virksomheder, der anvender fossile brændstoffer.

Opfyldelse af REPowerEU-målene vil kræve yderligere kumulative investeringer på 210 mia. EUR frem til 2027 ud over de investeringer, der allerede er nødvendige for at opnå klimaneutralitet senest i 2050⁷. Denne investering vil støtte en massiv opskalering og fremskyndelse af udbredelsen af rene energiteknologier (f.eks. solceller, vind, varmepumper, energibesparende teknologier, biomethan og vedvarende brint), hvilket er af afgørende betydning for at imødegå både energi- og klimakrisen. Hvis de dermed forbundne teknologiske og ikke-teknologiske udfordringer skal overvindes, vil det også kræve en stærk og konkurrencedygtig sektor for ren energi i EU.

REPowerEU-planen bekræftede tilsagnet om at nå den europæiske grønne pagts langsigtede mål om at gøre EU klimaneutralt senest i 2050 og fuldt ud gennemføre Fit for 55-pakken, der blev fremlagt i juli 2021⁸. Opfyldelse af målene i den europæiske grønne pagt vil kræve, at EU

¹ COM(2021) 952 final og SWD(2021) 307 final ("Fremskridt med hensyn til konkurrenceevnen for rene energiteknologier").

² COM(2019) 640 final ("Den europæiske grønne pagt").

³ COM(2022) 230 final ("REPowerEU-planen").

⁴ COM(2022) 360 final ("Spar på gassen til en sikker vinter").

⁵ EUT L 173 af 30.6.2022. Europa-Parlamentets og Rådets forordning (EU) 2022/1032 af 29. juni 2022 om ændring af forordning (EU) 2017/1938 og (EF) nr. 715/2009 for så vidt angår gaslagring, EUT L 206 af 8.8.2022. Rådets forordning (EU) 2022/1369 af 5. august 2022 om koordinerede foranstaltninger til reduktion af efterspørgslen efter gas.

⁶ COM(2022) 473 final ("Forslag til Rådets forordning om et nødindgreb for at imødegå høje energipriser").

⁷ COM(2021) 557 final ("Ændring af direktiv 2018/2001, forordning 2018/1999, direktiv 98/70/EF for så vidt angår fremme af energi fra vedvarende energikilder").

⁸ COM(2021) 550 final ("Fit for 55": realisering af EU's klimamål for 2030 på vej mod klimaneutralitet").

udvikler, gennemfører og opskalerer innovative løsninger inden for energieffektivitet og vedvarende energi. Halvdelen af de reduktioner af drivhusgasemissionerne, der forventes i 2050, vil kræve teknologier, der endnu ikke er klar til markedet⁹, så forsknings- og innovationsaktiviteter er et afgørende element for at øge EU's teknologiske suverænitæt og globale konkurrenceevne.

Inden for disse rammer og i overensstemmelse med tidligere udgaver fremlægges denne tredje årlige statusrapport¹⁰ om konkurrenceevnen den nuværende og forventede status for forskellige rene og kulstoffattige energiteknologier og -løsninger¹¹. Den kortlægger også forsknings-, innovations- og konkurrenceaspekterne af EU's rene energisystem som helhed¹².

2021-udgaven var vigtig for vurderingen af den økonomiske genopretning efter covid-19, fordi den fremhævede, hvordan forbedringer af konkurrenceevnen kan afbøde pandemiens økonomiske og sociale konsekvenser på kort og mellemlang sigt.

Dette års rapport skal tage hensyn til EU's opfordring til større udbredelse af rene energiteknologier og energikrisens indvirkning på sektoren. På denne baggrund bygger rapporten på tilgængelige data for at give indsigt i, hvordan EU's konkurrenceevne kan styrkes i strategiske energiværdikæder, samtidig med at udbredelsen af EU's rene energiteknologier øges. Samtidig betyder den aktuelle og hastigt skiftende geopolitiske udvikling, energi- og klimaudviklingen, at de seneste kvantitative data ikke altid er i stand til at afspejle den hidtil usete situation på passende vis. Denne rapport fokuserer derfor på de fremskridt, der er gjort frem til udgangen af 2021, på grundlag af de konsoliderede data, der var tilgængelige indtil da. Nyere data er blevet angivet, når de foreligger og er pålidelige. Disse er imidlertid knappe og kan derfor endnu ikke fuldt ud afspejle den nuværende energikrisens indvirkning på konkurrenceevnen for rene energiteknologier. Hvor det er muligt, og for at tage hensyn til de seneste udfordringer, som sektoren for ren energi står over for, og deres indvirkning på sektoren, bygger analysen på de allerede synlige konsekvenser og kvalitative vurderinger for 2022. Den fulde virkning kan dog først vurderes i næste års statusrapport.

Konkurrenceevne er et komplekst og mangesidet begreb, som ikke kan defineres ved hjælp af en enkelt indikator¹³. I denne rapport vurderes derfor konkurrenceevnen i EU's system for ren energi som helhed (afsnit 2) og i specifikke teknologier og løsninger inden for ren energi (afsnit 3) ved at analysere et defineret sæt indikatorer (bilag D). Fra og med i år vil Kommissionens

⁹ Europa-Kommissionen, Generaldirektoratet for Forskning og Innovation, Research and innovation to REPower the EU, Den Europæiske Unions Publikationskontor, Luxembourg, 2022, <https://data.europa.eu/doi/10.2777/74947>.

¹⁰ Rapport fra Kommissionen til Europa-Parlamentet og Rådet om "Fremskridt med hensyn til konkurrenceevnen for rene energiteknologier" (første udgave: COM(2020) 953 final, anden udgave: COM(2021) 952 final).

¹¹ Disse omfatter: Solceller, hav- og landvindenergi, varmepumper til bygningsapplikationer, batterier, produktion af vedvarende brint ved hjælp af vandeletrolyse, vedvarende brændstoffer, intelligente teknologier til energiforvaltning, vandkraft, havenergi, geotermisk energi, anvendelse og lagring af CO₂ (CCUS), bioenergi, koncentreret solenergi og varme (CSP), kernekraft.

¹² I denne rapport dækker systemet for ren energi tre markedssegmenter:

(1) vedvarende energi, herunder fremstilling, installation og produktion

(2) energieffektivitets- og forvaltningssystemer, der omfatter teknologier og aktiviteter såsom intelligente målere, intelligente net, lagring og renovering af bygninger og

(3) elektrisk mobilitet, som omfatter komponenter såsom batterier og brændselsceller, der er væsentlige for elektriske køretøjer og infrastruktur til opladning.

¹³ Baseret på konklusioner fra Rådet for Konkurrenceevne (28. juli 2020).

Observatorium for Ren Energiteknologi (CETO) udføre den dybtgående evidensbaserede analyse, der ligger til grund for denne rapport¹⁴.

Denne rapport offentliggøres i overensstemmelse med artikel 35, stk. 1, litra m), i forordningen om forvaltning af energiunionen og klimaindsatsen¹⁵ og ledsager rapporten om status over energiunionen¹⁶.

2. SAMLET KONKURRENCEEVNE FOR EU'S RENE ENERGISEKTOR

2.1 Baggrund: den seneste udvikling

2.1.1 *Energipriser og -omkostninger: nyere udviklingstendenser*

Som anført i tidligere statusrapporter om konkurrenceevnen har priserne på elektricitet og gas i industrien været højere i EU end i de fleste G20-lande uden for EU i det seneste årti. Den uberettigede og uprovokerede russiske invasion af Ukraine har øget de allerede rekordhøje priser, der blev set i 2021 i EU og mange andre regioner i verden. Engrospriserne på gas i Europa var fem gange højere i første kvartal af 2022 end året før og nåede i august 2022 et historisk højt niveau, før de faldt til et lavere niveau. Da gaskraftværker ofte er prissættende på de europæiske markeder, har dette resulteret i en lignende tendens for engrospriserne på elektricitet¹⁷. De har også påvirket produktionsomkostningerne for nogle sektorer, navnlig energiintensive industrier. Råvarepriserne har også været stigende. Den femte rapport om energipriser og energiomkostninger¹⁸, som forventes vedtaget ved udgangen af 2022, vil indeholde ajourførte kvantitative data og analyser.

EU og medlemsstaterne har allerede truffet en række foranstaltninger siden 2021 for at bidrage til at afbøde virkningerne af de høje energipriser¹⁹. Kommissionens forslag til en forordning om en nødintervention til håndtering af høje energipriser, som Rådet nåede til enighed om i september 2022, omfatter værktøjer til at reducere brugen af gas til elproduktion med ca. 4 % i løbet af vinteren, hvorved presset på priserne mindskes, og et forslag om at rejse mere end 140 mia. EUR til medlemsstaterne for at bidrage til at afbøde virkningerne af de høje energipriser for forbrugerne²⁰.

Selv om virkningen af denne tendens på værdikæden for rene energiteknologier fortsat er blandet, kan den tyde på en forbedring af deres konkurrenceevne, navnlig sammenlignet med ikke-vedvarende alternativer²¹. F.eks. er solcelleelproduktion allerede den billigste produktionskilde i et stigende antal lande. Ved produktion af vedvarende brint ved hjælp af

¹⁴ https://setis.ec.europa.eu/publications/clean-energy-technology-observatory-ceto_en.

¹⁵ EUT L 328 af 21.12.2018. Europa-Parlamentets og Rådets forordning (EU) 2018/1999 af 11. december 2018 om forvaltning af energiunionen og klimaindsatsen.

¹⁶ COM(2022) 547 final ("Status over energiunionen 2022").

¹⁷ Europa-Kommissionen, Generaldirektoratet for Energi, Markedsobservatoriet for Energi, Quarterly Report on European gas markets, Vol. 15.

¹⁸ Den foregående udgave fra 2020: COM(2020) 951 final ("Energipriser og energiomkostninger i Europa").

¹⁹ Foranstaltningerne omfatter Kommissionens meddelelse COM(2021) 660 final ("Håndtering af stigende energipriser: en værktøjskasse for handling og støtte") og meddelelse COM(2022) 138 final ("Forsyningssikkerhed og overkommelige energipriser").

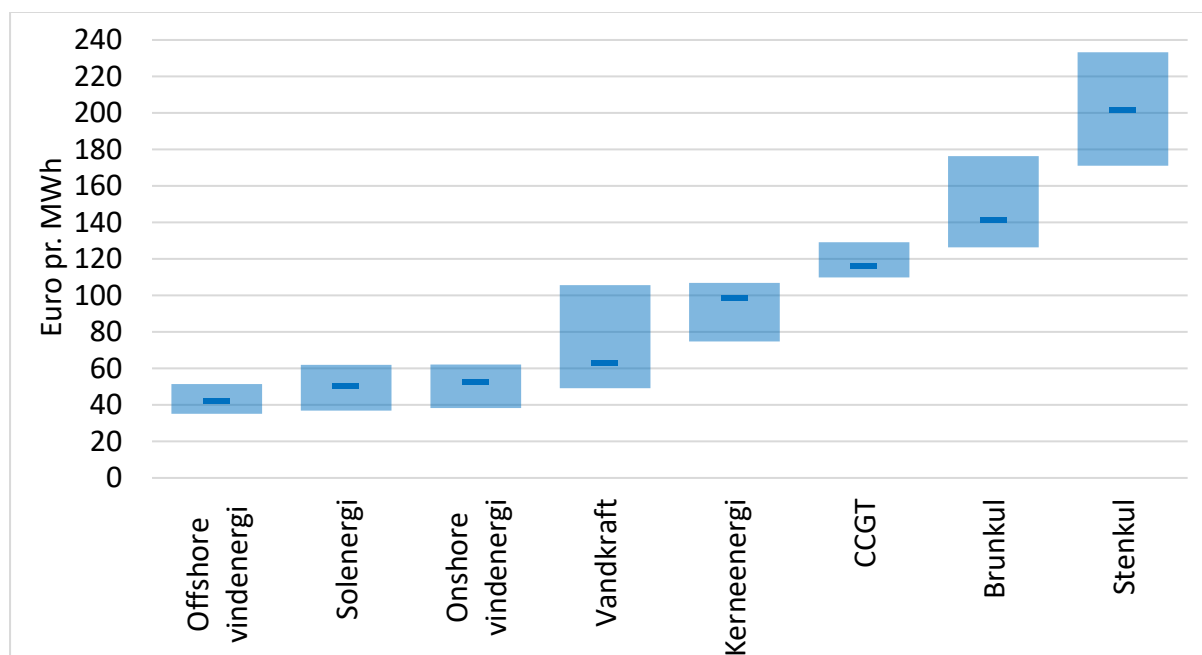
²⁰ COM(2022) 473 final ("Forslag til Rådets forordning om et nødindgreb for at imødegå høje energipriser").

²¹ Det Internationale Agentur for Vedvarende Energi (IRENA), [World Energy Transitions Outlook 2022: 1.5 °C Pathway](#), Abu Dhabi.

vandelektrolyse er omkostningerne ved elektricitet imidlertid en af de vigtigste faktorer, der påvirker elektrolysatorers økonomiske levedygtighed.

Figure 1 giver mere indsigt i omkostningerne ved rene energiteknologier. Der gives et øjebliksbillede af de normaliserede elomkostninger (LCOE) for 2021 for en række repræsentative forhold²² i hele EU. Resultaterne viser, at teknologiflåder med lave variable omkostninger (herunder variable driftsomkostninger og brændstofomkostninger) har været meget konkurrencedygtige i 2021. Denne konstatering er mest robust for sol- og vinddrevet produktion med LCOE i intervallet 40-60 EUR/MWh. Desuden synes flåden af kombinerede gas- og damp-turbiner (CCGT) i gennemsnit at have været mere konkurrencedygtig i 2021 end kulfyret produktion. CCGT nød godt af den foretrukne lastfordeling i de første tre kvartaler af 2021, mens brændstofsiftet først blev vigtigt i fjerde kvartal af 2021. Dette gav mulighed for betydeligt højere kapacitetsfaktorer for CCGT i 2021²³. Stigningen i gaspriserne understøttede fortsat omstillingen fra gas til kul i første kvartal af 2022 på trods af stigningen i kulstofpriserne. De høje kulpriser i begyndelsen af andet kvartal af 2022 begyndte imidlertid mindske kløften, og nogle medlemsstaters nylige meddelelser om midlertidigt at øge anvendelsen af kulfyrede anlæg har ført til forventninger om, at kulpriserne vil stige yderligere i de kommende måneder.

Figur 1: Øjebliksbillede af teknologiflådens specifikke normaliserede elomkostninger (LCOE) for 2021. De lyseblå bjælker viser et interval på tværs af EU27. De tykke blå linjer angiver median.



Kilde: Det Fælles Forskningscenters METIS-modelsimulering, 2022²⁴

²² Datapunkter vises for første til tredje interkvartile område for at filtrere for afvigende værdier.

²³ De modelberegneede kapacitetsfaktorer kunne overvurdere den faktiske brændselsomlægning og dermed i et vist omfang forskelle i kapacitetsfaktorer (se afsnit 2.1 i K. Kanellopoulos, M. De Felice, S. Busch og D. Koolen, *Simulating the electricity price rise in 2021*, JRC127862, 30 965 EUR EN, Den Europæiske Unions Publikationskontor, Luxembourg, 2022).

²⁴ JRC127862 Kanellopoulos, K., De Felice, M., Busch, S. og Koolen, D., *Simulating the electricity price hike in 2021*, EUR 30965 EN, Den Europæiske Unions Publikationskontor, Luxembourg, 2022.

De meget høje energipriser har skabt store økonomiske gevinster for elproducenter med lavere marginalomkostninger (f.eks. dem, der opererer i vind- og solenergisektoren). Kommissionen foreslog derfor en forordning om et nødindgreb for at imødegå de høje energipriser²⁵, som der blev opnået politisk enighed om på det ekstraordinære møde i Rådet (energi) den 30. september. Denne forordning omfatter et midlertidigt loft for og omfordeling af indtægterne fra inframarginale teknologier for at lette vanskelighederne for energiforbrugere og samfundet generelt. Den omfatter også et obligatorisk midlertidigt solidaritetsbidrag, der finder anvendelse på overskuddet i virksomheder, der er aktive inden for råolie-, naturgas-, kul- og raffinaderisektoren, og som er steget betydeligt i forhold til tidligere år. Den nuværende krise på energiområdet/fossile brændstoffer er den seneste påmindelse om behovet for en ændring af paradigmet for at sikre fremtidig stabilitet.

REPowerEU-planen opfordrer til en massiv opskalering og fremskyndelse af vedvarende energi inden for elproduktion, industri, bygninger og transport — ikke blot for at fremskynde EU's energiafhængighed og sætte skub i den grønne omstilling, men også for at sænke elpriserne og reducere importen af fossile brændstoffer over tid²⁶. Foranstaltningerne vil omfatte fremme af vedvarende energi, hvilket vil kræve en elinfrastruktur, der er egnet til formålet. For at opfylde REPowerEU-målene skal udbredelsen af vedvarende energi kombineres med energibesparelses- og energieffektivitetsforanstaltninger²⁷.

2.1.1 Globale ressource- og materialeforsyningskæder: sårbarheder og forstyrrelser

Sammen med bekymring over pålideligheden af de eksisterende forsyningskæder, navnlig naturgasforsyningen, har både covid-19-pandemien og den nuværende geopolitiske kontekst ført til forstyrrelser i visse globale forsyningskæder for materialer og ressourcer og har derfor påvirket sektoren for ren energi. EU er stærkt afhængig af forsyninger fra tredjelande, og den dobbelte grønne og digitale omstilling vil blive drevet af adgang til råstoffer. De seneste tendenser i de globale forsyningskæder for materialer og ressourcer har understreget, at det haster med at styrke EU's modstandsdygtighed og energiforsyningsikkerhed gennem uafhængighed af materialer og ressourcer og teknologisk suverænitet.

Tilgængeligheden af materialer og forsyningskædernes modstandsdygtighed er en forudsætning for at opfylde REPowerEU, fordi den øgede efterspørgsel efter rene teknologier går hånd i hånd med en større efterspørgsel efter ressourcer såsom metaller og mineraler. Teknologier, der er stærkt afhængige af importerede råmaterialer, eller komponenter, der indeholder disse materialer, omfatter vind (permanente magneter, sjældne jordarter), solcelleenergi (sølv, germanium, gallium, indium, cadmium, siliciummetal) og batterier (kobolt, litium, grafit, mangan, nikkel)²⁸. Det Internationale Energiagentur (IEA) forudser, at den samlede globale efterspørgsel efter mineraler som følge af den bebudede udrulning af vedvarende energi vil blive fordoblet eller endda firedoblet inden 2040²⁹.

²⁵ COM(2022) 473 final ("Forslag til Rådets forordning om et nødindgreb for at imødegå høje energipriser").

²⁶ Se afsnit 3, side 6, COM(2022) 230 final (REPowerEU-planen).

²⁷ COM(2022) 360 final ("Spar på gassen til en sikker vinter").

²⁸ Europa-Kommissionen, Critical Raw Materials in Strategic technologies and sectors — a foresight study, 2020, <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/42882>.

²⁹ IEA, [The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions](#), revideret udgave i maj 2022.

Stigende råvarepriser påvirker omkostningerne ved rene energiteknologier. Priserne på de råvarer, der er nødvendige for disse teknologier, såsom litium og kobolt, blev mere end fordoblet i 2021, mens priserne på kobber og aluminium steg med ca. 25 % til 40 %³⁰. Samme år blev den årelange tendens til omkostningsreduktioner for vindmøller og solcellemoduler vendt: Sammenlignet med 2020 steg deres priser med henholdsvis 9 % og 16 %. Batteripakker vil være mindst 15 % dyrere i 2022 end i 2021³¹.

En ny udfordring er at undgå at erstatte afhængigheden af fossile brændstoffer med afhængighed af importerede råstoffer og den teknologiske ekspertise til forarbejdning og fremstilling af komponenter. Kina har f.eks. næsten monopol på minedrift og forarbejdning af de sjældne jordarter, der er afgørende for rene energiteknologier, kombineret med en stærk markedsposition i deres produktionskæde.

Udfordringen med ressourceafhængighed består af tre dele. For det første står EU over for øget konkurrence om adgang til kritiske råstoffer, da andre lande øger deres egen indsats for at opbygge deres kapacitet og potentielt begrænser deres eksport. Halvdelen af de 30 råstoffer af kritisk betydning, som EU har opført³², importeres i en mængde på over 80 %, hvilket især er bekymrende, når udbuddet er koncentreret i meget få lande.

For det andet vil sekundære råstoffer på trods af de betydelige fremskridt, der er gjort med hensyn til cirkulær økonomi og genanvendelsesprocenter (mere end 50 % af visse metaller³³ genanvendes, hvilket dækker mere end 25 % af forbruget af disse³⁴), ikke i sig selv være tilstrækkelige til at imødekomme den høje — og stadig stigende — efterspørgsel. Sekundære råmaterialer indebærer også yderligere udfordringer (f.eks. højere genanvendelsesomkostninger for visse materialer, teknisk gennemførlighed og utilstrækkelig tilgængelighed af udtjente komponentgrupper). Genvindingsøkonomien vil dog blive bedre, efterhånden som omkostningerne til primære materialer og mængden af tilgængelige udtjente komponentgrupper stiger. Sekundære råstoffer vil derfor være en vigtig forsyningskilde efter 2030 — forudsat at de nødvendige investeringer påbegyndes nu. Innovativt genanvendeligt design er også meget vigtigt.

For det tredje er der et teoretisk potentiale til at dække mellem 5 og 55 % af Europas behov i 2030 ved at udvinde råstoffer fra europæisk jord³⁵. Fremme af indenlandsk minedriftskapacitet står imidlertid over for hindringer på grund af lange godkendelsesprocedurer og miljøproblemer, utilstrækkelig raffineringsskapacitet og mangel på kvalificeret arbejdskraft og ekspertise. Det nye forslag til en batteriforordning³⁶ er et eksempel på et flagskibsinitiativ, der

³⁰ Kim, T., *Critical minerals threaten a decades-long trend of cost declines for clean energy technologies*, IEA's websted, maj 2022.

³¹ IEA, *The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions*, revideret udgave fra maj 2022.

³² COM(2020) 474 final, *Modstandsdygtighed i forhold til råstoffer af kritisk betydning: En kurs mod større sikkerhed og bæredygtighed*.

³³ Jern, zink eller platin.

³⁴ Europa-Kommissionen Generaldirektoratet for Energi: Guevara Opinska, L., Gérard, F., Hoogland, O. m.fl., *Study on the resilience of critical supply chains for energy security and clean energy transition during and after the COVID-19 crisis: endelig rapport*, Den Europæiske Unions Publikationskontor, Luxembourg, 2021, <https://data.europa.eu/doi/10.2833/946002>.

³⁵ KU Leuven, *Metals for Clean Energy: Pathways to solving Europe's raw materials challenge*, 2022.

³⁶ COM(2020) 798 final, ("Europa-Parlamentets og Rådets forordning om batterier og udtjente batterier, om ophævelse af direktiv 2006/66/EF og om ændring af forordning (EU) 2019/1020").

skal hjælpe Europa med at blive førende inden for den cirkulære økonomi for batterier — fra bæredygtig minedrift til genanvendelse.

Knaphed på ressourcer såsom jord og vand — hvad enten det er til placering af sol-, vind- eller bioenergi eller til vandelektrolyse med henblik på produktion af vedvarende brint — kan begrænse den videre udbredelse af rene energiteknologier på det ønskede niveau i EU. Fremme af flere forskellige anvendelser af arealer såsom agrosolcelleanlæg (kombination af landbrug og solcelleproduktion) og udpegning af steder i maritim fysisk planlægning til samtidige aktiviteter såsom fiskeri og vedvarende offshoreenergi kan bidrage til at overvinde disse begrænsninger. Samtidig er det yderst vigtigt, at medlemsstaterne tager hensyn til tilgængeligheden af vand, når de udformer energimikset.

En effektiv tilgang til EU's afhængighed af import af de råstoffer, der er nødvendige for fremstillingen af rene energiteknologier, vil være afgørende for at sikre sektorens fremtidige konkurrenceevne (med hensyn til omkostninger, teknologisk suverænitæt og modstandsdygtighed) og for at gennemføre både den grønne og den digitale omstilling. Kommissionen offentliggjorde i 2020 en handlingsplan³⁷ for at mindske forsyningsrisikoen. Dette omfattede foranstaltninger til diversificering af indkøb uden for EU (f.eks. gennem strategiske råvarepartnerskaber), fremme af den cirkulære økonomi (f.eks. gennem miljøvenligt design, FoU eller kortlægning af tilgængeligheden af kritiske råstoffer i byminen eller affaldsprodukter) og muliggørelse af indenlandsk potentiale (f.eks. ved hjælp af jordobservationsteknologi). Ud over at sikre forsyningen kan EU også blive nødt til at opbygge strategiske reserver, hvor forsyningen er truet. Formanden for Europa-Kommissionen bebudede derfor en europæisk lov om råstoffer af kritisk betydning i sin tale om Unionens tilstand den 14. september 2022.

2.1.2 Konsekvenserne af covid-19 og genopretningen

Covid-19's forskelligartede økonomiske konsekvenser var en stor trussel mod EU's sektor for ren energi i 2020-2021.

På den ene side steg EU's industri for vedvarende energi med en omsætning på 163 mia. EUR i 2020 og en bruttoværditilvækst på 70 mia. EUR svarende til henholdsvis 9 % og 8 % sammenlignet med 2019. Samlet set genererede den ca. fire gange større værditilvækst pr. euro af omsætningen³⁸ end industrien for fossile brændstoffer og næsten 70 % mere end EU's samlede fremstillingssektor³⁹. Denne andel forværredes imidlertid en smule i 2020, hvilket tyder på øget lækage (f.eks. i form af import).

I 2021 steg EU's produktion⁴⁰ af de fleste rene energiteknologier og -løsninger i vid udstrækning, hvilket vendte den tendens, der blev set i 2020. EU's produktion af batterier havde et rekordår med en firedobling af produktionsværdien i forhold til 2020-værdierne, idet mere kapacitet blev flyttet online. Varmepumpe-, vind- og solcelleproduktionen steg med 30 % i

³⁷ COM(2020) 474 final (Modstandsdygtighed i forhold til råstoffer af kritisk betydning: En kurs mod større sikkerhed og bæredygtighed").

³⁸ Bruttoværditilvæksten i industrien for fossile brændstoffer pr. euro af omsætningen er mindre end 0,10 EUR (Eurostat statistik over erhvervsstrukturer).

³⁹ BVT i forhold til omsætningen i fremstillingsindustrien (NACE C) i EU er ca. 0,25 EUR (data fra Eurostat SBS_NA_IND_R2).

⁴⁰ Dette henviser til produktionsværdien i pengeværdi (EUR).

2021 (varmepumper havde et rekordår, vindenergi steg tilbage til niveauet før pandemien, og den faldende tendens, der har været konstateret inden for solenergi siden 2011, vendte). Produktionen af biobrændstoffer, hovedsagelig biodiesel, steg med 40 % og steg kraftigt i medlemsstaterne, mens produktionen af bioenergi (f.eks. piller, stivelsesrester og træflis) steg med 5 %. Brintproduktionen⁴¹ steg med næsten 50 %, da Nederlandene mere end fordoblede sin produktion i 2021.

Den samtidige stigning i priserne, der begyndte i 2021, kan dog give et alt for positivt billede af produktionsvæksten. Desuden var der ved nogle teknologier en stigning i importen for at imødekomme den stigende efterspørgsel i EU. F.eks. var 2021 året med den største relative stigning i EU's handelsunderskud for varmepumper (390 mio. EUR i 2021 sammenlignet med 40 mio. EUR i 2020, hvor 2020 var det første år, hvor EU's handelsoverskud udviklede sig til et underskud) efterfulgt af biobrændstoffer (2,3 mia. EUR i 2021, 1,4 mia. EUR i 2020) og solceller (9,2 mia. EUR i 2021, 6,1 mia. EUR i 2020). Ikke desto mindre opretholdt EU en positiv handelsbalance inden for vindenergiteknologi (2,6 mia. EUR i 2021, 2 mia. EUR i 2020) og vandkraftteknologi på trods af en faldende tendens siden 2015 (211 mio. EUR i 2021, 232 mio. EUR i 2020).

EU's økonomiske genopretningspolitikker, såsom genopretnings- og resiliensfaciliteten inden for rammerne af NextGenerationEU⁴², er en vigtig drivkraft for at omlægge og øge investeringerne i sektoren for ren energi. I oktober 2022 nåede Rådet⁴³ til enighed om Europa-Kommissionens forslag⁴⁴ om at tilføje et særligt REPowerEU-kapitel i medlemsstaternes genopretnings- og resiliensplaner med henblik på at finansiere vigtige investeringer og reformer, der vil bidrage til at nå REPowerEU-målene⁴⁵.

De reformer og investeringer, som medlemsstaterne har foreslået i deres genopretnings- og resiliensplaner, har hidtil oversteget både klimamålene og målene for digitale udgifter (henholdsvis mindst 37 % og 20 % af udgifterne i genopretnings- og resiliensplanerne)⁴⁶. I de 26⁴⁷ genopretnings- og resiliensplaner, som Kommissionen godkendte pr. 8. september 2022, er der afsat foranstaltninger til en værdi af ca. 200 mia. EUR til klimaomstillingen og 128 mia. EUR til digital omstilling⁴⁸, hvilket svarer til henholdsvis 40 % og 26 % af disse medlemsstaters samlede tildeling (tilskud og lån).

⁴¹ Dette omfatter al brint, uanset produktionsvej.

⁴² COM(2020) 456 final ("Et vigtigt øjeblik for Europa: Genopretning og forberedelser til den næste generation").

⁴³ <https://www.consilium.europa.eu/da/press/press-releases/2022/10/04/repowereu-council-agrees-its-position/>.

⁴⁴ COM(2022) 231 final ("Forslag til Europa-Parlamentets og Rådets forordning om ændring af forordning (EU) 2021/241 for så vidt angår REPowerEU-kapitlerne i genopretnings- og resiliensplaner og om ændring af forordning (EU) 2021/1060, forordning (EU) 2021/2115, direktiv 2003/87/EF og afgørelse (EU) 2015/1814").

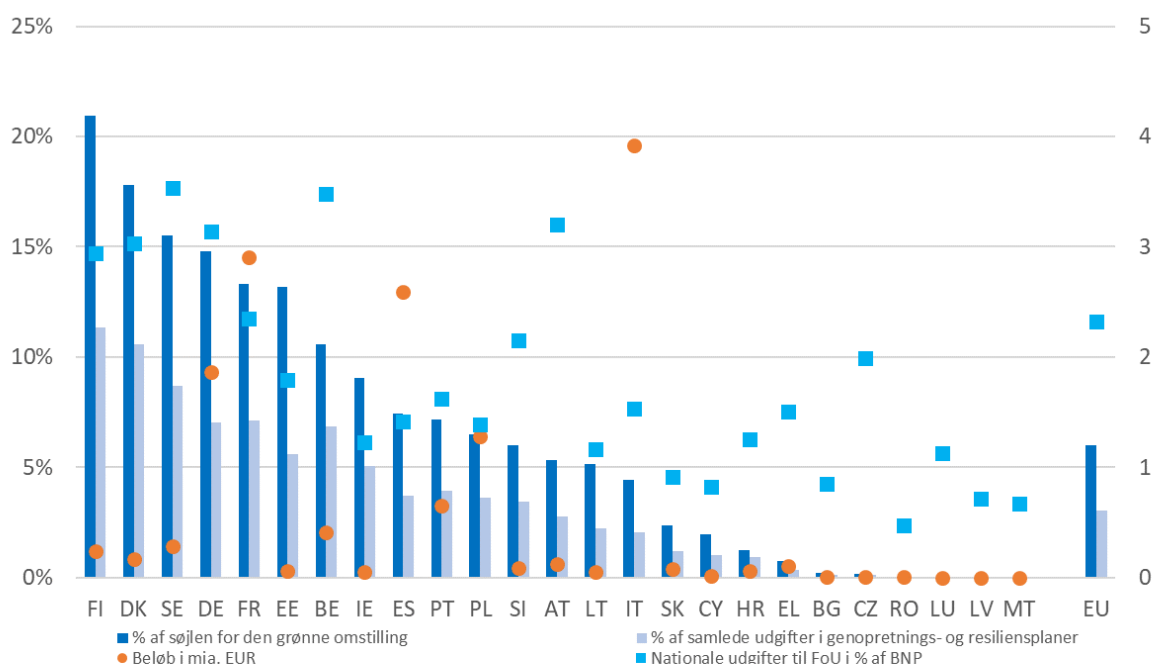
⁴⁵ Forslaget omfatter yderligere EU-budgetomfordelinger for at supplere de resterende 225 mia. EUR i lån fra genopretnings- og resiliensfaciliteten og opfordrer til en forhøjelse af midlerne til genopretnings- og resiliensfaciliteten. Europa-Kommissionen har indledt bilaterale drøftelser med medlemsstaterne for at identificere reformer og investeringer, der potentielt kan være berettigede til finansiering under de nye REPowerEU-kapitler. EU-finansieringen supplerer anden tilgængelig offentlig og privat finansiering, som vil spille en central rolle i gennemførelsen af de investeringer, der er nødvendige for REPowerEU.

⁴⁶ Fremskridtene med gennemførelsen af genopretnings- og resiliensplanerne kan følges live på resultattavlen for genopretning og resiliens, der er en onlineplatform, som Kommissionen oprettede i december 2021.

⁴⁷ AT, BE, BG, CY, CZ, DE, DK, EE, EL, ES, FI, FR, HR, IE, IT, LT, LU, LV, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK.

⁴⁸ Genopretnings- og resiliensplanerne skulle specificere og begrunde, i hvilket omfang hver foranstaltning bidrager fuldt ud til (100 %), delvist til (40 %) eller ikke har nogen indvirkning på (0 %) klimamålet. Bidraget til klimamålet er beregnet ved hjælp af bilag VI til forordningen om genopretnings- og resiliensfaciliteten. Ved at kombinere koefficienterne med omkostningsskønnene for hver foranstaltning kan det beregnes, i hvilket omfang planerne bidrager til klimamålet.

Figur 2: Forskning, udvikling og innovation i grønne aktiviteter i genopretnings- og resiliensplanerne som andel (venstre akse) og som absolut beløb (højre akse). FoU-intensiteten i forhold til BNP (højre akse) er også angivet til sammenligningsformål.



Kilde: JRC baseret på data fra GD ECFIN

De 25 genopretnings- og resiliensplaner, som Rådet godkendte den 8. september 2022, omfatter foranstaltninger vedrørende FoU med et samlet budget på 47 mia. EUR⁴⁹ (herunder både tematiske og horisontale investeringer⁵⁰). Inden for dette beløb er der afsat 14,9 mia. EUR til investeringer i forskning, udvikling og innovation (FUI) i grønne aktiviteter (Figure 2).

2.1.3 Menneskelig kapital og menneskelige færdigheder

De seneste data om **menneskelig kapital** på verdensplan viser, at selv om sektoren for ren energi har været modstandsdygtig under covid-19-pandemien, steg manglen på færdigheder i 2021 og forventes at fortsætte i 2022.

⁴⁹ Tallene er baseret på metoden til søjle-tagging for resultattavlen for genopretning og resiliens og svarer til de foranstaltninger, der er tildelt politikområderne "FUI inden for grønne aktiviteter", "digitalrelaterede foranstaltninger inden for FUI" og "FUI" som primære eller sekundære politikområder. Rådet har endnu ikke vedtaget den nederlandske genopretnings- og resiliensplan, og der foreligger derfor endnu ingen data under metoden til søjle-tagging. Yderligere oplysninger om resultattavlen for genopretning og resiliens findes på https://ec.europa.eu/economy_finance/recovery-and-resilience-scoreboard/.

⁵⁰ Tematiske FoU-investeringer omfatter dem, der er rettet mod den grønne omstilling, digitale teknologier og sundhed, mens horisontale FoU-investeringer omfatter tværgående foranstaltninger, der f.eks. styrker innovationsøkosystemer, opgraderer forskningsinfrastruktur og støtter virksomhedsinnovation. For yderligere oplysninger findes resultattavlen for genopretning og resiliens på: https://ec.europa.eu/economy_finance/recovery-and-resilience-scoreboard/.

Beskæftigelsen i EU's bredere sektor for ren energi⁵¹ nåede op på 1,8 mio. i 2019 med en gennemsnitlig årlig vækst på 3 % siden 2015⁵² og svarende til 1 % af den samlede beskæftigelse i EU. Til sammenligning steg beskæftigelsen i den samlede økonomi med 1 % om året i gennemsnit⁵³, mens beskæftigelsen i den fossile energiindustri faldt med 2 % i gennemsnit i det seneste årti⁵⁴. Kina indtog førstepladsen i verden i 2020 (39 %) efterfulgt af EU (11 %)⁵⁵ inden for global beskæftigelse i sektoren for vedvarende energi, som i alt tegnede sig for 12 mio. job⁵⁶.

Jobsammensætningen i EU's sektor for ren energi i bredere forstand har ændret sig på flere måder⁵⁷. Varmepumpeindustrien⁵⁸ er ved at overhale sektoren for fast biobrændsel⁵⁹ og vindenergi som den største arbejdsgiver. Dette skyldes hovedsagelig den øgede installation af varmepumper. Denne tendens vil sandsynligvis fortsætte med REPowerEU-planen og nye produkttilbud, der er tilgængelige for renoveringssektoren⁶⁰. Desuden er sektoren for ren energi 20 % mere produktiv end den samlede økonomi i gennemsnit. Siden 2015 er arbejdsproduktiviteten steget hurtigere i sektoren for ren energi (2,5 % om året) end i den samlede økonomi (1,8 % om året). Denne stigning skyldes sektoren for e-mobilitet (5 % årligt) og vedvarende energi (4 % om året), og der er observeret forskellige tendenser afhængigt af teknologierne.

Imidlertid har næsten 30 % af de virksomheder i EU, der fremstiller elektrisk udstyr⁶¹, oplevet **mangel på arbejdskraft** i 2022, hvilket er endnu højere end i 2018. Dette skyldes hovedsagelig den overordnede økonomiske genopretning efter pandemien kombineret med den langsomme udvikling i sektoren for ren energi med hensyn til at opbygge de færdigheder, der kræves i forbindelse med den grønne og den digitale omstilling⁶². Eftersom over 70 % af de

⁵¹ Tallene for sektoren for ren energi i rapporten henviser til data baseret på Eurostats EGSS (kategorierne "CREMA13A", "CREMA13B" og "CEPA1"). "CREMA13A" (produktion af energi fra vedvarende energikilder) omfatter fremstilling af teknologier, der er nødvendige for at producere vedvarende energi. Crema 13B (varme-/energibesparelser og -styring) omfatter varmepumper, intelligente målere, energirenovering, isoleringsmaterialer og dele af intelligente net. CEPA1 (beskyttelse af luft og klima) omfatter elektriske biler og hybridbiler, busser og andre renere og mere effektive køretøjer samt opladningsinfrastruktur, der er afgørende for driften af elektriske køretøjer (dette omfatter også komponenter såsom batterier, brændselsceller og elektriske fremdriftssystemer, der er væsentlige for elektriske køretøjer).

⁵² Eurostat [env_ac_egss1].

⁵³ Eurostat [lfsi_emp_a].

⁵⁴ Eurostat [sbs_na_ind_r2].

⁵⁵ Det Internationale Agentur for Vedvarende Energi (IRENA) og Den Internationale Arbejdsorganisation (ILO), Renewable Energy and Jobs — Annual Review 2021, Abu Dhabi og Genève.

⁵⁶ Dette omfatter direkte og indirekte beskæftigelse.

⁵⁷ EurObserv'ER. *The State of Renewable Energies in Europe – Edition 2021 20th EurObserv'ER Report*, 2022. Dette tal omfatter varmepumper.

⁵⁸ Varmepumper tegnede sig for 24 % af alle arbejdspladser inden for vedvarende energi, mens faste biobrændstoffer og vindenergi hver bidrog med 20 %. Baseret på: EurObserv'ER. *The State of Renewable Energies in Europe – Edition 2021 20th EurObserv'ER Report*, 2022.

⁵⁹ Metodologiske revisioner har især påvirket biobrændstofdata, som ajourføres på grundlag af projektdata fra Horisont 2020-projektet ADVANCEFUEL.

⁶⁰ European Heat Pump Association (EHPA). European Heat Pump Market and Statistics Report 2021, 2022.

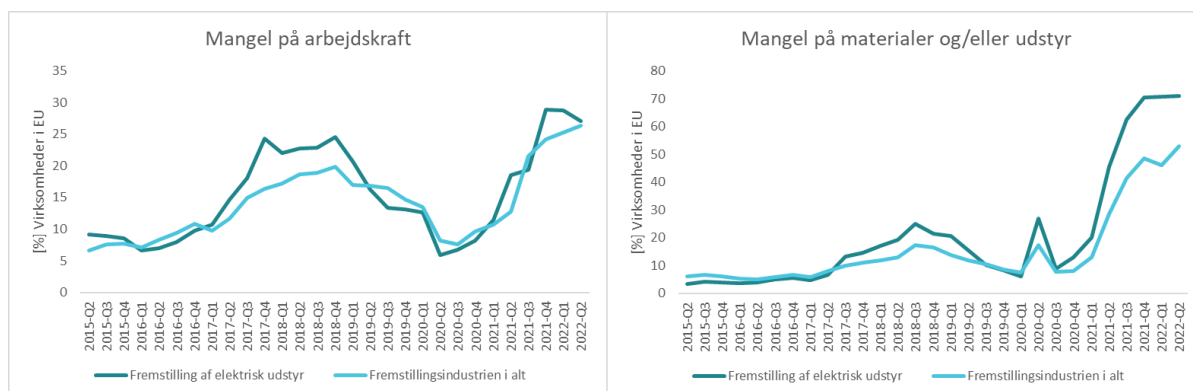
⁶¹ NACE-koden "27 — Fremstilling af elektrisk udstyr" anvendes som indikator for fremstillingsindustrien for ren energi, da mange rene energiteknologier falder ind under denne kategori. Det anvendes også som erstatning for det industrielle økosystem for vedvarende energi i EU's industristrategi [COM(2020) 108 final og den seneste ajourføring heraf, COM(2021) 350 final].

⁶² Langsomheden skyldes diverse jobforskelle (f.eks. rumlige, sektorspecifikke, erhvervs-mæssige og tidsmæssige). Den hurtige omstilling til grøn og digital omstilling står i kontrast til den tid, det tager at opbygge færdigheder. Se f.eks.:

- Czako, V., *Skills for the clean energy transition*, 2022. (offentliggøres i den nærmeste fremtid)
- Asikainen, T., Bitat, A., Bol, E., Czako, V., Marmier, A., Muench, S., Murauskaite-Bull, I., Scapolo, F. og Stoermer, E., *The future of jobs is green*, Den Europæiske Unions Publikationskontor, Luxembourg, 2021, [doi:10.2760/218792.JRC126047](https://doi.org/10.2760/218792.JRC126047)

virksomheder i EU, der fremstiller elektrisk udstyr, stod over for mangel på materialer i 2022, viser disse tendenser den stigende risiko for forstyrrelser i forsyningskæden for ren energi (Figure 3).

Figur 3: Mangel på arbejdskraft og materiel hos EU's producenter af elektrisk udstyr og i EU's samlede fremstillingssektor [%].



Kilde: JRC baseret på data fra Generaldirektoratet for Økonomiske og Finansielle Anliggender (GD ECFIN)⁶³

REPowerEU-planen opfordrer til en øget indsats for at afhjælpe manglen på kvalificeret arbejdskraft i forskellige segmenter af ren energiteknologi. Med henblik herpå og på grundlag af allerede eksisterende aktiviteter i EU⁶⁴ bebuder planen støtte til færdigheder gennem Erasmus+⁶⁵ og fællesforetagendet for ren brint⁶⁶. EU's solenergi strategi foreslår også specifikke tiltag⁶⁷. Industriforummet for ren energi (CEIF) i 2022 vedtog den fælles erklæring om færdigheder⁶⁸ og forpligtede sig til at tage konkrete skridt til at afhjælpe den konstaterede mangel på kvalificeret arbejdskraft⁶⁹. I 2022 vedtog Rådet også en henstilling, hvori det opfordrede medlemsstaterne til at vedtage foranstaltninger, der vedrører de beskæftigelsesmæssige og sociale aspekter af klima-, energi- og miljøpolitikkerne⁷⁰. Europa-Kommissionen foreslog den 12. oktober 2022 at gøre 2023 til det europæiske år for færdigheder for at gøre EU mere attraktivt for faglærte arbejdstagere⁷¹.

Kønsskævhederne i energisektoren og i den energirelaterede forskning og innovation fortsætter, selv om der i vid udstrækning mangler konsekvente og kontinuerlige kønsopdelte data⁷². Underrepræsentationen af kvinder i beslutningstagningen i energiselskaber og i de

- Cedefop (Det Europæiske Center for Udvikling af Erhvervsuddannelse), *An ally in the green transition — VET, especially apprenticeship, can provide the skills needed for greening jobs — and in turn help shape them*, Den Europæiske Unions Publikationskontor, Luxembourg, 2022, <http://data.europa.eu/doi/10.2801/712651>.

⁶³ Konjunktur- og forbrugerundersøgelserdata [industry_subsektor_q8_nace2]

⁶⁴ F.eks. den europæiske dagsorden for færdigheder fra 2020, dens flagskibspagt for færdigheder og dens partnerskaber med industrielle økosystemer og mekanismen for retfærdig omstilling.

⁶⁵ Erasmus+ <https://www.erasmuskills.eu/eskills/>.

⁶⁶ Fællesforetagendet for ren brint, Strategic Research and Innovation Agenda 2021-2027, <https://www.clean-hydrogen.europa.eu/system/files/2022-02/Clean%20Hydrogen%20JU%20SRIA%20-%20approved%20by%20GB%20-%20clean%20for%20publication%20%28ID%2013246486%29.pdf>.

⁶⁷ COM(2022) 221 final ("EU's strategi for solenergi").

⁶⁸ Fælles erklæring om færdigheder i sektoren for ren energi, offentliggjort den 16. juni 2022. Findes på: https://ec.europa.eu/info/news/clean-energy-industrial-forum-underlines-importance-deploying-renewables-2022-jun-16_en.

⁶⁹ Det anslås f.eks., at 800 000 arbejdstagere skal uddannes til at arbejde i batteriværdikæden for at opfylde REPowerEU-målene. Ca. 400 000 arbejdstagere skal uddannes og opgraderes i varmepumpeværdikæden, herunder ikke medtaget de eksperter, der i øjeblikket arbejder med varmepumper og står over for pensionering i de kommende år (se fodnote 69).

⁷⁰ 2022/C 243/04, Rådets henstilling om sikring af en retfærdig omstilling til klimaneutralitet.

⁷¹ COM(2022) 526 final.

⁷² COM(2020) 953 final, COM (2021) 952 final ("fremskridt med hensyn til konkurrenceevnen for rene energiteknologier").

videregående uddannelser inden for naturvidenskab, teknologi, ingeniørvirksomhed og matematik (STEM) afspejles i en lavere andel af patentansøgninger med kvindelige opfindere (kun 20 % i alle patentklasser i 2021⁷³ og lidt over 15 % til teknologier til modvirkning af klimaændringer⁷⁴), en lavere andel af nystartede virksomheder, der er grundlagt eller medgrundlagt af kvinder (mindre end 15 % i EU i 2021⁷⁵), og lavere kapitalinvesteringer i virksomheder ledet af kvinder (kun 2 % i nystartede virksomheder, der udelukkende består af kvinder, og 9 % i blandede teams i EU i 2021⁷⁶).

EU øger sine bestræbelser på at sikre et afbalanceret og lige økosystem. Initiativerne omfatter strategien for ligestilling mellem kønnene 2020-2025⁷⁷, Women TechEU-initiativet, der blev lanceret i 2022⁷⁸, det nye støtteberettigelseskræterium under Horisont Europa⁷⁹ og de konkrete målrettede foranstaltninger i den nye innovationsdagsorden fra 2022⁸⁰. Udligning af den kønsbestemte kløft vil ikke kun bidrage til at tackle EU's udfordringer med hensyn til job og færdigheder med henblik på at opnå den dobbelte grønne og digitale omstilling, men vil også støtte inddragelsen af kvinder på disse arbejdsområder og dermed tackle samfundsmæssige udfordringer.

2.2 Forsknings- og innovationstendenser

Den stigende miljømæssige, geopolitiske, økonomiske og sociale ustabilitet i verden kræver en smidig EU-politik for FoI, som effektivt kan reagere på en krisesituation og samtidig sikre gennemførelsen af den europæiske grønne pagt.

EU's politik for FoI er retningsgivende for innovation og porteføljen af rene energiteknologier. Verdens største FoI-program, Horisont Europa (med et budget på 95,5 mia. EUR afsat til FoI i 2021-2027) og andre EU-finansieringsprogrammer (f.eks. Innovationsfonden og finansieringen af samhørighedspolitikken) har til formål at styrke EU's FoI-økosystem og bidrage til at nå EU's politiske mål⁸¹. Sammen med en fælles og koordineret indsats på tværs af medlemsstaterne (navnlig gennem den strategiske energiteknologiplan (SET-planen))⁸² øger FoI-aktiviteterne modstandsdygtigheden i EU's sektor for ren energi.

De fleste EU-medlemsstater øgede deres offentlige FoI-investeringer i EU's prioriteter for energiunionen i 2020^{83, 84}, og der er hidtil rapporteret om mere end 4 mia. EUR. De endelige

⁷³ For opfindelser, hvor mindst én opfinder er baseret i Europa. Tal baseret på Den Europæiske Patentmyndighed 2022.

⁷⁴ Det Internationale Energiagentur, <https://www.iea.org/commentaries/gender-diversity-in-energy-what-we-know-and-what-we-dont-know>.

⁷⁵ Forvaltningsorganet for Det Europæiske Innovationsråd og SMV'er (EISMEA), 2022.

⁷⁶ Rapport fra IDC, European Women in Venture Capital, 2022.

⁷⁷ Europa-Kommissionen, strategi for ligestilling mellem kønnene.

⁷⁸ Forvaltningsorganet for Det Europæiske Innovationsråd og SMV'er (EISMEA), 2022. https://eismea.ec.europa.eu/programmes/european-innovation-ecosystems/women-techeu_en.

⁷⁹ Horisont Europa har et nyt støtteberettigelseskræterium, hvor forskningsorganisationer, der ansøger om finansiering, skal have en gennemførlig ligestillingsplan med et mål om en kønsbalance på 50 % for alle Horisont Europa-relaterede beslutningstagende organer og evalueringsekspertes. Flere oplysninger findes på: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/strategy/strategy-2020-2024/democracy-and-rights/gender-equality-research-and-innovation_en#gender-equality-plans-as-an-eligibility-criterion-in-horizon-europe.

⁸⁰ COM(2022) 332 final ("Den nye innovationsdagsorden").

⁸¹ Europa-Kommissionen, Generaldirektoratet for Forskning og Innovation, Videnskab, Forskning og Innovation, *Performance of the EU report 2022*, Den Europæiske Unions Publikationskontor, Luxembourg, 2022.

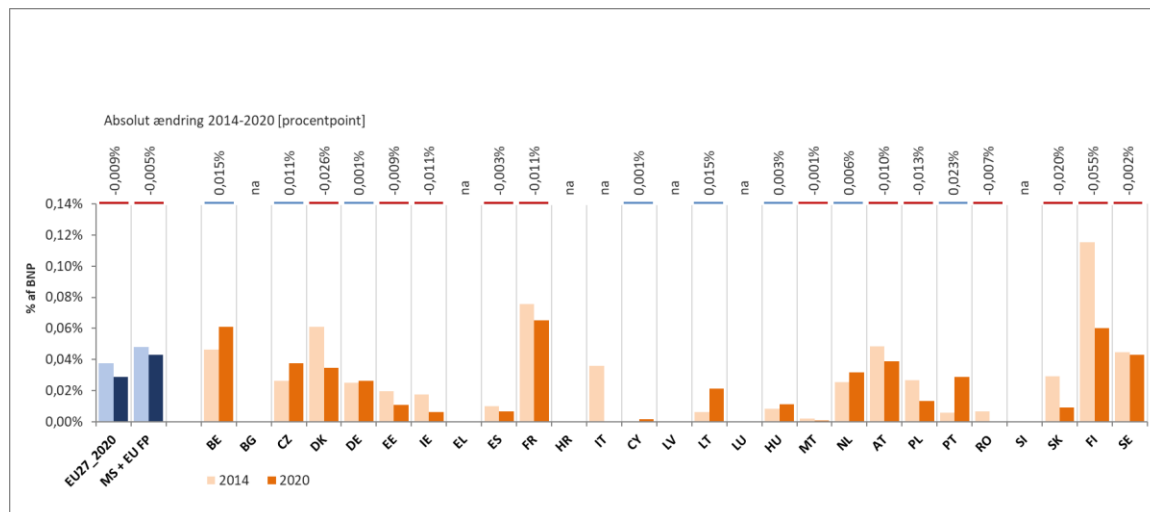
⁸² SET-planen er EU's vigtigste redskab til at tilpasse politikker og finansiering vedrørende teknologier for ren energi på EU-plan og nationalt plan og til at mobilisere private investeringer. Yderligere oplysninger: : https://energy.ec.europa.eu/topics/research-and-technology/strategic-energy-technology-plan_en.

⁸³ Vedvarende energi, intelligente systemer, effektive systemer, bæredygtig transport, CCUS og nuklear sikkerhed, COM(2015) 80 final ("Energiunionspakken").

⁸⁴ JRC SETIS https://setis.ec.europa.eu/publications/setis-research-and-innovation-data_en.

samlede tal for 2020 forventes at være sammenlignelige med værdierne før finanskrisen i absolutte tal. Ikke desto mindre ligger investeringerne i den offentlige FoI på nationalt plan og EU-plan, målt som en andel af bruttonationalproduktet (BNP), fortsat under 2014-niveaue (Figure 4).

Figur 4: Offentlige investeringer i ren energi i EU's medlemsstater som andel af BNP siden starten af Horisont 2020⁸⁵.



Kilde: JRC baseret på IEA⁸⁶ og eget arbejde⁸⁷.

I 2020 tilføjede Horisont 2020-midlerne til støtte for energiunionens FoI-prioriteter 2 mia. EUR til medlemsstaternes bidrag fra de nationale programmer. Mens de nationale bidrag alene fortsat er lave blandt de store økonomier, lå EU med inddragelse af Horisont 2020-midlerne på andenpladsen blandt de store økonomier med hensyn til offentlige FoI-investeringer i ren energi i 2020 (Figure 5)⁸⁸, både i absolutte udgifter (6,6 mia. EUR, hvor USA fører med 8 mia. EUR) og som andel af BNP (0,046 %, hvor Japan fører med 0,058 %, men kun en smule foran USA og Sydkorea⁸⁹).

Ifølge globale vurderinger investerer erhvervssektoren i gennemsnit mindst tre gange så meget i FoI inden for ren energi som den offentlige sektor⁹⁰. Investeringer fra EU's erhvervsliv tegner sig for 80 % af FoI-udgifterne inden for energiunionens FoI-prioriteter. I 2019 beløb de anslåede private investeringer i FoI i EU sig til 0,17 % af BNP (Figure 5) og 11 % af erhvervs- og virksomhedssektorens samlede FoI-udgifter. Skøn for EU viser, at investeringerne i absolutte tal (18-22 mia. EUR om året) har været sammenlignelige med USA og Japan siden 2014. Målt i procent af BNP ligger EU imidlertid stadig lavere end andre store konkurrerende økonomier (Japan, Sydkorea og Kina), selv om EU's investeringer ligger over USA.

⁸⁵ "EU FP": EU's rammeprogram; "na" henviser til lande, der ikke har indsendt data.

⁸⁶ Tilpasset på baggrund af 2022-udgaven af IEA Energy Technology's budgetdatabase for forskning, udvikling og demonstration.

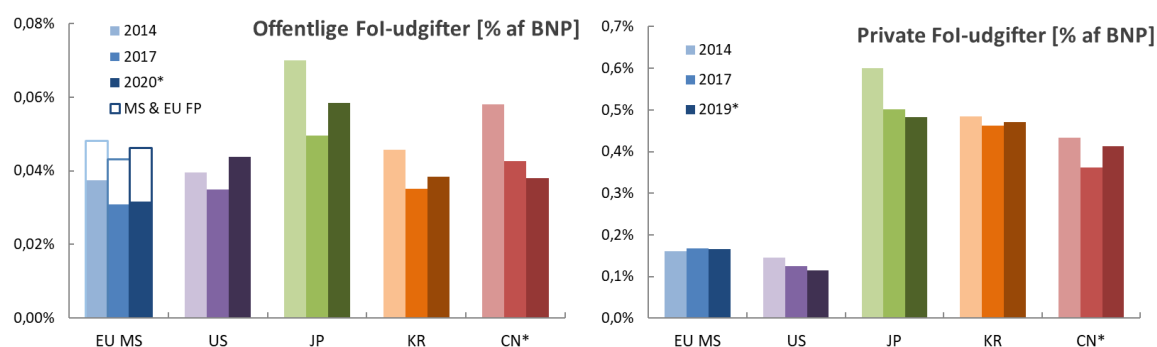
⁸⁷ JRC SETIS https://setis.ec.europa.eu/publications/setis-research-and-innovation-data_en.

⁸⁸ Grafen overlapper de første to kategorier i figur 4 for EU. Værdierne i de to tal er lidt forskellige, da tallet for Italien i Figur 5 er et skøn.

⁸⁹ Disse tal omfatter medlemsstaterne og EU's rammeprogramfonde. Sidste års rapport henviste kun til medlemsstaternes fonde, som også fremgår af figur 5, og som fortsat ligger under andre større økonomiers andel af BNP.

⁹⁰ IEA, *Tracking clean energy innovation — A framework for using indicators to inform policy*, 2020.

Figur 5: Offentlig og privat FoI-finansiering i energiunionens FoI-prioriteter i de største økonomier som andel af BNP



Kilde: JRC baseret på IEA⁹¹, MI⁹², eget arbejde.

Siden 2014 har halvdelen af EU's medlemsstater øget deres **patenteringsaktivitet** i overensstemmelse med energiunionens FoI-prioriteter, med førende lande inden for grøn innovation som Tyskland og Danmark, der klarer sig stærkt både i absolutte tal og i andelen af grønne patenter i deres samlede innovationsportefølje. EU var fortsat verdens førende patentansøger inden for klima og miljø (23 %), energi (22 %) og transport (28 %).

På verdensplan var der lidt færre **videnskabelige publikationer** om lavemissionsenergiteknologier i 2020 end i 2016-2019. I EU steg dette tal mere moderat i 2016-2019 (sammenlignet med det globale gennemsnit) og faldt kraftigere i 2020. EU bidrog med lidt over 16 % af de videnskabelige artikler på verdensplan, men fortsatte med at producere mere end det dobbelte af det globale gennemsnitlige antal publikationer pr. indbygger⁹³.

Denne tendens skyldes hovedsagelig det stigende antal videnskabelige publikationer på andre områder og det forhold, at højindkomstøkonomier ikke længere synes at dominere inden for emner vedrørende ren energi og innovation⁹⁴. EU var førende inden for energiforskning for ti år siden, men den massive forbedring af kvantiteten og kvaliteten af den kinesiske produktion inden for energiforskning har skubbet EU ned på andenpladsen. Kinesiske forskere er førende med hensyn til de mest citerede publikationer vedrørende energi (med en andel på 39 %)⁹⁵. Ikke desto mindre samarbejder og offentliggør EU-forskere internationalt om emner vedrørende ren energi i en grad, der ligger et godt stykke over det globale gennemsnit, og der er et højere niveau af samarbejde mellem den offentlige og den private sektor i EU. Horisont 2020's FoI-rammeprogram, Den Europæiske Fond for Regionaludvikling og det syvende

⁹¹ Tilpasset på baggrund af 2022-udgaven af IEA Energy Technologys budgetdatabase for forskning, udvikling og demonstration.

⁹² Mission Innovation Country Highlights, 6. MI-ministtermøde 2021, http://mission-innovation.net/wp-content/uploads/2021/05/MI_2021v0527.pdf.

⁹³ Europa-Kommissionen, Generaldirektoratet for Forskning og Innovation, Provençal, S., Khayat, P., Campbell, D., *Publications as a measure of innovation performance in the clean energy sector: assessment of bibliometric indicators*, Den Europæiske Unions Publikationskontor, Luxembourg, 2022

⁹⁴ Schneegans S., T. Straza og J. Lewis (redaktører), UNESCO Science Report: the Race Against Time for Smarter Development, UNESCO Publishing, Paris, 2021.

⁹⁵ Europa-Kommissionen, Generaldirektoratet for Forskning og Innovation, Videnskab, Forskning og Innovation, Performance of the EU report 2022, Den Europæiske Unions Publikationskontor, Luxembourg, 2022.

rammeprogram for FoI blev rangeret blandt de 20 mest anerkendte globale finansieringsordninger til støtte for forskning i ren energi i perioden 2016-2020⁹⁶.

Behovet for at forbedre overvågningen af offentlige og private FoI-aktiviteter inden for ren energi og den kvantitative vurdering af konkurrenceevnen blev fremhævet i den sidste udgave af rapporten⁹⁷ og er siden blevet endnu mere afgørende. Revisionen af SET-planen og den planlagte ajourføring af de nationale energi- og klimaplaner⁹⁸, der skal finde sted i juni 2024⁹⁹, skaber sammen momentum for at styrke dialogen om ren energi, FoI, og konkurrenceevnen mellem EU og dets medlemsstater.

2.3 Det globale konkurrenceprægede miljø for ren energi

På verdensplan har det presserende tilsagn om at fremskynde energiomstillingen ført til udvikling af mange rene energiløsninger, lige fra niche teknologier til global industri og internationale værdikæder. Det anslås, at de globale markeder vil have en værdi af 24 billioner EUR for vedvarende energi og 33 billioner EUR for energieffektivitet i 2050¹⁰⁰.

EU's førende position inden for videnskab, dets stærke industrigrundlag og de ambitiøse rammebetingelser for ren energi udgør et godt teknologisk grundlag for den forventede markedsudvikling af flere rene energiteknologier. EU har fastholdt sin gode position inden for **internationalt beskyttede patenter** siden 2014 og bekræfter dermed den tendens, der blev fremhævet i sidste års rapport¹⁰¹. EU er fortsat nummer to kun overgået af Japan, når det gælder opfindelser af høj værdi¹⁰², og er førende inden for vedvarende energi og deler førerpositionen med Japan inden for energieffektivitet, hovedsagelig takket være EU's specialisering inden for materialer og teknologier til bygninger. EU's patentdata viser også sin førerposition inden for vedvarende brændstoffer, batterier og elektromobilitet samt teknologier til opsamling, lagring og anvendelse af CO₂.

De fleste nye investeringer i rene energiteknologier forventes at finde sted uden for EU, og de nødvendige råstoffer handles internationalt¹⁰³. Dette gør EU's stærke tilstedeværelse og resultater i globale værdikæder og dets adgang til tredjelandes markeder afgørende. Stigningen i foranstaltninger truffet af tredjelandes regeringer (indførelse af hindringer for markedsadgang, krav om lokalt indhold og andre diskriminerende foranstaltninger eller praksisser) kan ikke desto mindre forvride **dynamikken i den internationale handel og investeringer**. Disse foranstaltninger kan have en negativ indvirkning på beskæftigelsen, væksten og skattegrundlaget i EU og underminere de fordele, som EU normalt vil høste ved at

⁹⁶ Elsevier, Pathways to Net Zero: The Impact of Clean Energy Research, 2021. Findes på: https://www.elsevier.com/_data/assets/pdf_file/0006/1214979/net-zero-2021.pdf. Publikationer tælles som nulemissionsforskning, hvis de fremmer viden om forskning og innovation inden for ren energi og vejen til at opnå en nulemissionsfremtid. Dataene stammer fra Scopus-databasen.

⁹⁷ COM(2021) 952 final og SWD(2021) 307 final ("Fremskridt med hensyn til konkurrenceevnen for rene energiteknologier").

⁹⁸ Yderligere oplysninger om de nationale energi- og klimaplaner: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/national-energy-and-climate-plans-necps_en.

⁹⁹ EUT L 328 af 21.12.2018. I forordning (EU) 2018/1999 om forvaltning af energiunionen og klimaindsatsen fastsættes der bestemmelser om regelmæssig revision af de nationale energi- og klimaplaner med henblik på at tilpasse dem til den seneste politiske udvikling. Udkastene til nationale energi- og klimaplaner forventes at foreligge inden juni 2023.

¹⁰⁰ IRENA, *Global energy transformation: a roadmap to 2050*, Abu Dhabi, 2019.

¹⁰¹ COM(2021) 952 final ("Fremskridt med hensyn til konkurrenceevnen for rene energiteknologier").

¹⁰² Patentfamilier af høj værdi (opfindelser) er dem, der indeholder ansøgninger til mere end ét kontor (dvs. de ansøger om beskyttelse i mere end ét land eller på mere end ét marked).

¹⁰³ Det Internationale Energiagentur, *Net Zero by 2050 — A Roadmap for the Global Energy Sector*, 2021.

være den første aktør på dette område. De skaber også en klar risiko for "kontaminering", fordi de kan få andre tredjelande til at træffe lignende foranstaltninger, hvilket skaber ineffektivitet i de internationale forsyningskæder og på længere sigt påvirker incitamenterne til at investere i sektoren. Dette vil igen øge omkostningerne til omstillingen generelt og kan undergrave den brede offentligheds fortsatte engagement i den globale dekarbonisering.

Der er også fortsat og i stigende grad bekymring i hele verden over virkningerne af stats- og tilskudsstøttet teknologisk dominans, lukkede markeder, forskellige regler for beskyttelse af intellektuel ejendom (IP), innovations- og konkurrenceevnepolitikker i sektoren, og navnlig dem, der gennemføres af Kina og andre tredjelande. Den nuværende geopolitiske krise har også påvirket konkurrencen på det globale marked for ren energi, og det er endnu uvist, hvordan nye nationale foranstaltninger til at fremskynde den indenlandske udrulning af rene energiteknologier (f.eks. den amerikanske lov om reduktion af inflationen¹⁰⁴) kan få en negativ indvirkning på den globale konkurrence på området for ren energi.

Inden for disse rammer vil **internationalt samarbejde inden for FoI** ikke blot fremskynde overgangen til ren energi yderligere, men også modvirke forstyrrelser på det globale energimarked. EU-programmer og -politikker såsom Horisont Europa og Erasmus+ har konsekvent støttet FoI-samarbejdet med betroede globale partnere. Kommissionens meddelelse om den globale tilgang til forskning og innovation¹⁰⁵ skaber bedre rammer for udviklingen af det internationale samarbejde. Kommissionens meddelelse om EU's eksterne energiengagement i en verden i forandring¹⁰⁶ lægger op til en intensivering af dette samarbejde og udvikling af partnerskaber til støtte for den grønne omstilling inden for vigtige emner såsom vedvarende og kulstoffattig brint samt adgang til råstoffer og innovation. I Kommissionens meddelelse "Et nyt EFR for forskning og innovation"¹⁰⁷ opfordres der desuden til, at de vejledende principper for videnuddnyttelse ajourføres og udvikles. Der forventes en adfærdskodeks for intelligent brug af intellektuel ejendom inden udgangen af 2022¹⁰⁸. Kommissionen bidrager til at fremme det internationale samarbejde om energiinnovation og -teknologi ved fortsat at engagere sig i Mission Innovation¹⁰⁹ og Clean Energy Ministerial. Desuden understreger EU's nye globale konnektivitetsstrategi, Global Gateway¹¹⁰, Kommissionens meddelelse "Gennemgang af handelspolitikken"¹¹¹ og det internationale partnerskab med Sydafrika om retfærdig energiomstilling¹¹² betydningen af at styrke det internationale samarbejde og handelsforbindelserne for at udnytte rene energiteknologiers konkurrenceevne i synergi med EU's indre markeds åbenhed og tiltrækningskraft.

Internationalt forskningssamarbejde, teknologioverførsel, handelspolitik og energidiplomati skal samarbejde om at sikre lige konkurrence med hensyn til handel og investeringer i de teknologier, tjenesteydelser og råstoffer, der er nødvendige for omstillingen både i og uden for

¹⁰⁴ [FACT SHEET: The Inflation Reduction Act Supports Workers and Families | The White House](#)

¹⁰⁵ COM(2021) 252 final ("Europas strategi for internationalt samarbejde i en verden i forandring").

¹⁰⁶ JOIN(2022) 23 final (EU's eksterne energiengagement i en verden i forandring).

¹⁰⁷ COM(2020) 628 final (Et nyt EFR for forskning og innovation).

¹⁰⁸ Der findes allerede en ny vejledning om udnyttelse af resultaterne fra Horisont Europa på: <https://data.europa.eu/doi/10.2826/437645>.

¹⁰⁹ <http://mission-innovation.net/>. Efter de første fem vellykkede år blev MI 2.0 lanceret med et nyt sæt "missioner".

¹¹⁰ JOIN(2021) 30 final ("Global Gateway"), fælles meddelelse fra Kommissionen og Unionens højststående repræsentant for udenrigsanliggender og sikkerhedspolitik til Europa-Parlamentet, Rådet, Det Europæiske Økonomiske og Sociale Udvalg, Regionsudvalget og Den Europæiske Investeringsbank.

¹¹¹ COM(2021) 66 final ("Gennemgang af handelspolitikken — en åben, bæredygtig og determineret handelspolitik").

¹¹² Partnerskab om retfærdig energiomstilling med Sydafrika (europa.eu).

EU. EU vil også skulle udnytte sit potentiale til at opskalere innovationen yderligere for at undgå at øge sin afhængighed af andre store økonomier for importerede teknologier, der er nødvendige i energiomstillingen og i den nye arkitektur for energisystemet.

2.4 Finansieringslandskabet for innovation i EU¹¹³

Klimateknologiske løsninger¹¹⁴ fremmer EU's konkurrenceevne og teknologiske suverænit. Sammen med indførelsen af mere modne generationsteknologier vil de spille en afgørende rolle med hensyn til at opnå kulstofneutralitet senest i 2050¹¹⁵.

EU's klimateknologiområde har i løbet af de seneste seks år tiltrukket en stigende mængde venturekapitalinvesteringer¹¹⁶, som er førende inden for innovation. Klimateknologi kan være lang tid undervejs, før den er moden, så der er et afgørende behov for en betydelig mængde kapital i hele finansieringscyklussen for opstartsvirksomheder, investeringer i FoI¹¹⁷, en statslig indsats for at mindske risikoen ved udvikling af klimateknologiske løsninger og yderligere fremme af den private sektors deltagelse.

På verdensplan har venturekapitalinvesteringer på **klimaområdet** udvist imponerende modstandsdygtighed over for pandemien med allerede højere investeringsniveauer i 2020 (20,2 mia. EUR) og nye rekordhøje niveauer i 2021 (40,5 mia. EUR, en stigning på 100 % i forhold til 2020¹¹⁸). Heraf tiltrak EU-baserede nystartede og opskalerede klimateknologiske virksomheder 6,2 mia. EUR i venturekapitalinvesteringer i 2021, hvilket er mere end dobbelt så meget som i 2020¹¹⁹. Dette tegner sig for 15,4 % af de globale investeringer i klimateknologi. 2021 var også det første år, hvor investeringer i senere faser i EU-baseret klimateknologi var højere end i Kina¹²⁰. Investeringerne i den tidlige fase nåede imidlertid nye højder i USA og Kina i 2021, men toppede i EU (Figure 6).

¹¹³ Analysen i dette afsnit er baseret på data fra Pitchbook. PitchBook identificerer i øjeblikket mere end 2 750 venturekapitalvirksomheder i sin Climate Tech-vertikal (sammenlignet med mere end 2 250 på tidspunktet for offentliggørelsen af 2021-udgaven af CPR-rapporten). Tallene for historiske venturekapitalinvesteringer i CPR-rapporterne for 2020 og 2021 er derfor ikke direkte sammenlignelige.

¹¹⁴ PitchBooks Climate Tech-vertikal er et udvalg af 2 760 virksomheder, der udvikler teknologier, som skal bidrage til at afbøde eller tilpasse til virkningerne af klimaændringerne. De fleste virksomheder i denne vertikal fokuserer på at afbøde stigende emissioner gennem dekarboniseringsteknologier og -processer. Anvendelser inden for denne industri omfatter produktion af vedvarende energi, langsigtet energilagring, elektrificering af transport, innovationer inden for landbruget, forbedringer af industrielle processer og mineteknologier.

¹¹⁵ Afsnittet blev udviklet i tæt samarbejde med Europa-Kommissionens Observatorium for Ren Energiteknologi: Georgakaki, A. et al, Observatoriet for Ren Energi — Overall Strategic Analysis of Clean Energy Technology in the European Union — Statusrapport 2022, Europa-Kommissionen, 2022, JRC131001.

¹¹⁶ Venturekapitalaftaler defineres som transaktioner i den tidlige fase (herunder pre-seed, accelerator/inkubator, angel, seed, serie A og B, der finder sted inden for fem år efter virksomhedens etablering) og transaktioner i den senere fase (normalt serie B- til serie Z+-runder og/eller mere end fem år efter virksomhedens etablering, ikke-offentliggjorte serier og vækst/udvidelse med privat egenkapital).

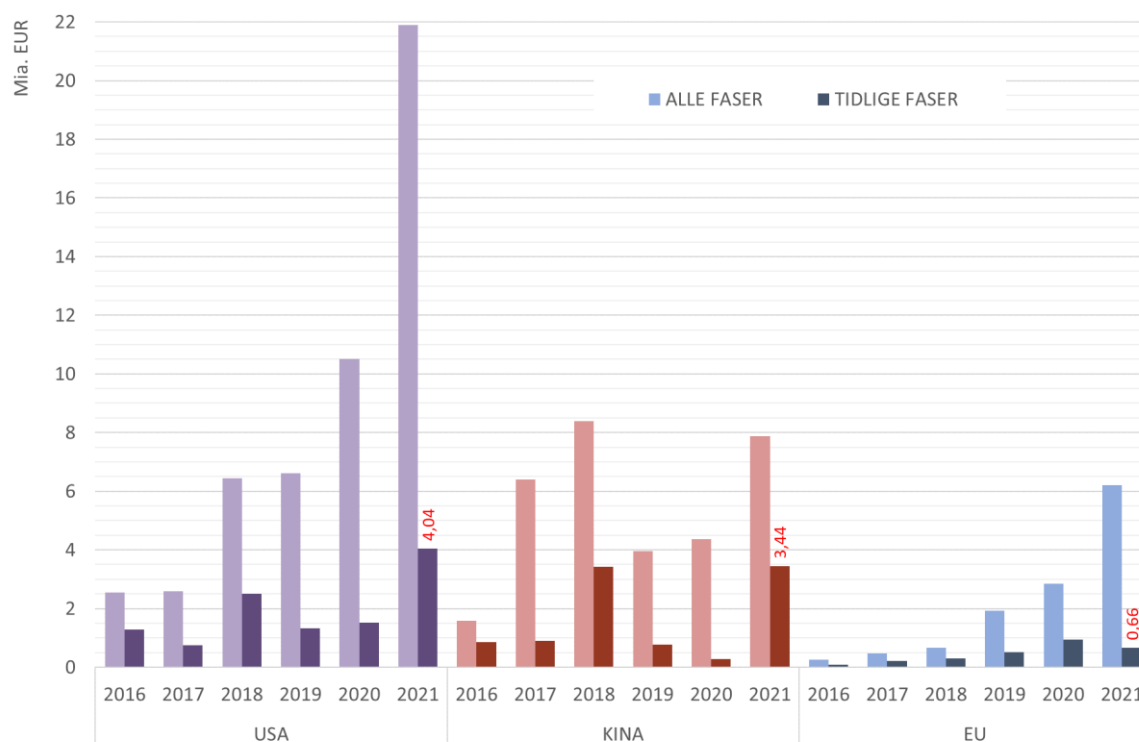
¹¹⁷ Dette giver anledning til begrebet Deep Green start-ups (dvs. nystartede virksomheder, der anvender banebrydende teknologier til at tackle miljømæssige udfordringer såsom fremstilling af grønne batterier og elektriske fly). Deep Green befinder sig i skæringspunktet mellem Climate Tech og Deep Tech (Deep Tech er anvendelsen af videnskabelige opdagelser inden for ingeniørvidenskab, matematik, fysik og medicin. Deep Green er karakteriseret ved lange FoU-cykluser og uafprøvede forretningsmodeller.

¹¹⁸ Dette tegner sig for 5,2 % af den samlede venturekapitalfinansiering i 2021 ifølge JRC's udarbejdelse baseret på PitchBook-data (4,6 % i 2020).

¹¹⁹ COM(2021) 952 final ("Fremskridt med hensyn til konkurrenceevnen for rene energiteknologier").

¹²⁰ De enkeltstående investeringer i den svenske batteriudvikler for elektriske køretøjer Northvolt har haft en betydelig indvirkning på de samlede investeringstendenser for venturekapital i EU's klimateknologivirksomheder i de seneste år. Efterhånden som virksomheden gik over til senere investeringsfaser, faldt investeringerne i EU's klimateknologivirksomheder i den tidlige fase i 2021, mens investeringerne i den senere fase steg og for første gang nåede op på en højere værdi end indberettet i Kina.

Figur 6: Venturekapitalinvesteringer i nystartede klimateknologivirksomheder og opskalering



Kilde: Udarbejdet af JRC på grundlag af PitchBok-data.

Energiområdet tegnede sig for 22 % af de globale investeringer i klimateknologi i 2021 (produktion af ren energi¹²¹ og netteknologier¹²² tegnede sig for henholdsvis 13,2 % og 8,7 %). Med niveauer, der er næsten fire gange højere (x 3,8) end i 2020¹²³, ligger energiområdet stadig efter området Mobilitet og transport (46 %), men har for første gang overhalet området Fødevarer og arealanvendelse (19,6 %).

I EU bekræftede venturekapitalinvesteringerne i energiselskaber den vedvarende vækst i de seneste fire år (en stigning på 60 % i forhold til 2020). På trods af disse gode resultater blev den relative andel af EU's venturekapitalinvesteringer i energi halveret i 2021. Med 10 % af venturekapitalinvesteringerne i energiselskaber ligger EU på tredjepladsen, langt efter USA (62 %) og Kina (13,3 %), som begge viste fremragende investeringsniveauer i 2021 som følge af megahandler inden for produktion af ren energi.

På trods af den positive dynamik i finansieringen af venturekapitalfonde i EU og tiltrækningen af EU-baseret klimateknologi for venturekapitalinvestorer bremser strukturelle hindringer og samfundsmæssige udfordringer¹²⁴ stadig EU-baserede opskaleringer af klimateknologi

¹²¹ Herunder solenergi, vindenergi, kernekraft, affald til energi, havenergi og vandkraft samt geotermisk energi.

¹²² Herunder langfristet energilagring, netstyring, analyse, batteriteknologi, intelligente net og produktion af ren brint.

¹²³ Investeringer i teknologier til produktion af ren energi er den vigtigste drivkraft bag denne vækst. Som følge af store investeringer i nuklear fusion i USA og vindenergi i Kina er den steget 2,4 gange hurtigere end investeringerne i netteknologier og investeringer i klimateknologi (venturekapital) generelt.

¹²⁴ COM(2020) 953 final ("rapport om fremskridt med hensyn til konkurrenceevnen inden for ren energi") og COM(2022) 332 final ("Den nye innovationsdagsorden").

sammenlignet med andre større økonomier. EU-klassificeringssystemet for bæredygtige aktiviteter udgør ikke desto mindre en ramme for fremme af varige investeringer og definerer miljømæssigt bæredygtige økonomiske aktiviteter. Desuden er EU's innovationspolitik blevet udvidet i årenes løb, og det institutionelle landskab har ændret sig i takt hermed¹²⁵.

Horisont Europas søjle III om "Et innovativt Europa" har tilvejebragt værktøjer til at støtte nystartede virksomheder, vækstvirksomheder og små og mellemstore virksomheder (SMV'er). I den forbindelse er Det Europæiske Innovationsråd (EIC) med sit budget på 10,1 mia. EUR mellem 2021 og 2027 EU's flagskibsprogram for innovation med henblik på at identificere, udvikle og opskalere banebrydende teknologier og innovationer. Horisont Europa støtter også initiativet om europæiske innovationsøkosystemer og Det Europæiske Institut for Innovation og Teknologi (EIT). EIT InnoEnergy har opbygget det største økosystem for bæredygtig energiinnovation i verden og står også i spidsen for overgangen til et dekarboniseret EU inden 2050 ved at lede tre industrielle værdikæder (den europæiske batterialliance, det europæiske center for fremme af grøn brint og det europæiske solenergiinitiativ).

Med hensyn til **EU's finansieringsprogrammer** er Innovationsfonden en af de største i verden¹²⁶ med hensyn til at demonstrere rene innovative teknologier og anvende dem i industriel målestok. InvestEU-programmet er et vigtigt element i EU's genopretningsplan og støtter adgangen til og tilgængeligheden af finansiering for SMV'er, midcapselskaber og andre virksomheder. Samhørighedspolitikken tilvejebringer omfattende og langsigtede investeringer, navnlig for SMV'er, i innovation og industrielle værdikæder med henblik på at fremme udviklingen af vedvarende og kulstoffattige teknologier og forretningsmodeller. Desuden støtter Den Europæiske Investeringsbank (EIB) og Den Europæiske Investeringsfond (EIF) effektivt den Deep Tech-udvikling, som EU har brug for at nå sine bæredygtighedsmål. Andre finansieringsprogrammer såsom moderniseringsfonden og den foreslåede sociale klimafond¹²⁷ har til formål at bidrage til at kanalisere indtægter fra klimarelaterede politikker til støtte for energiomstillingen.

Disse programmer og andre EU-initiativer, såsom kapitalmarkedsunionen¹²⁸, har til formål yderligere at mobilisere private investorer i finansieringen af klimateknologi og nystartede virksomheder inden for avanceret klimateknologi¹²⁹. F.eks. er det banebrydende partnerskab mellem Europa-Kommissionen og Breakthrough Energy Catalyst¹³⁰ et andet eksempel på, hvordan man kan fremme investeringer i kritiske klimateknologier, der samler den offentlige og den private sektor.

Skabelse af synergier mellem EU-programmer og -instrumenter og øget samhørighed mellem EU's lokale innovationsøkosystemer kan hjælpe EU med at blive førende på verdensplan inden for klimateknologi og dermed lukke kløften mellem EU og andre større økonomier ved at udnytte EU's forskellige talenter, intellektuelle aktiver og industrielle kapaciteter. Den

¹²⁵ COM(2022) 332 final ("Den nye innovationsdagsorden").

¹²⁶ 38 mia. EUR i støtte fra 2020 til 2030 under antagelse af en CO₂-pris på 75 EUR/tCO₂.

¹²⁷ https://ec.europa.eu/clima/eu-action/european-green-deal/delivering-european-green-deal/social-climate-fund_en.

¹²⁸ https://finance.ec.europa.eu/capital-markets-union-and-financial-markets/capital-markets-union_en.

¹²⁹ Nystartede Deep Tech-virksomheder bygger på videnskabelig viden og har typisk lange FoU-cykler og uafprøvede forretningsmodeller. Nystartede virksomheder inden for Deep Tech-klimateknologier er virksomheder, der anvender avanceret teknologi til at tackle miljømæssige udfordringer.

¹³⁰ Kommissionen og Breakthrough Energy offentliggør partnerskab (europa.eu); https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_21_2746

europæiske resultattavle for innovation 2022¹³¹ fremhæver betydningen af at etablere et paneuropæisk innovationsøkosystem, og Kommissionens meddelelse fra 2022 "Den nye europæiske innovationsdagsorden"¹³² er allerede et skridt fremad, fordi den har til formål at udnytte styrkerne i EU's innovationsøkosystem¹³³.

2.5 Virkninger af systemiske ændringer

For at opnå den dobbelte grønne og digitale omstilling og opfylde den europæiske grønne pagt og Fit for 55-målene er EU's sektor for ren energi nødt til at fremskynde et paradigmeskift, der allerede er i gang: behovet for at nedbryde skellene mellem sektorer og styrke samarbejdet på horisontale områder (f.eks. råstoffers kritiske rolle, digitaliseringen af energisystemet og samspillet mellem forskellige teknologier i industrielle processer, individuelle bygninger og byer). Eksempler på denne systemiske omstilling omfatter: bygningsrelaterede rene energiteknologier, digitalisering af energisystemet samt energifællesskaber og subnationalt samarbejde.

Bygningsrelaterede rene energiteknologier: Obligatoriske solcelleanlæg på tage og en fordobling af den nuværende udbredelse af individuelle varmepumper¹³⁴ vil bidrage til at nå klima- og energimålene. Opfyldelsen af disse mål vil også kræve, at byggesektoren integrerer en bred vifte af supplerende løsninger for nye bygninger, såsom effektive isoleringsmetoder og kontrolsystemer, men også ressourceeffektive foranstaltninger. Dette bør gå hånd i hånd med en forøgelse af renoveringsprocenten og fremme af gennemgribende renovering. Energilagring på stedet (batterier) er et andet vigtigt element for at muliggøre større andele af varmepumper og undgå ekstreme spidsbelastninger inden for elproduktion og -transmission/distribution. Ud over produkttilgængelighed er installationsfærdigheder og operationelle tjenester for de forskellige teknologier afgørende for EU's sektorer for ren energi og dets konkurrenceevne.

Digitalisering af energisystemet: Digitaliseringen vokser eksponentielt: Alene i de sidste fem år er internettrafikken blevet tredoblet, og omkring 90 % af dataene i verden i dag er blevet skabt i løbet af de sidste to år¹³⁵. Decentralisering af energi — både på produktionsniveau og gennem millioner af forbundne intelligente apparater, varmepumper og elbiler — forandrer det lokale energisystem. En vurdering for Hamburg viste, at der var et betydeligt potentiale for omkostningsbesparelser: Ved at investere 2 mio. EUR i intelligent opladning for at mindske spidsbelastningsefterspørgslen kan man undgå at skulle investere 20 mio. EUR i den nødvendige netforstærkning for at imødekomme en andel af elbiler i byen på 9 %¹³⁶. Uden intelligent styring af lokale energibehov kan kapacitetsbegrænsninger i distributionsnettene bremse omstillingen til

¹³¹ Europa-Kommissionen, Europæisk resultattavle for innovation 2022, Årsrapport, 2022.

¹³² COM(2022) 332 final ("Den nye innovationsdagsorden").

¹³³ I meddelelsen hedder det, at EU vil træffe konkrete foranstaltninger for at forbedre adgangen til finansiering for nystartede virksomheder og vækstvirksomheder i EU, forbedre reglerne for at gøre det muligt for innovatorer at eksperimentere med nye idéer, bidrage til at skabe "regionale innovationscentre", tiltrække og fastholde talent i EU og forbedre den politiske beslutningstagning på innovationsområdet gennem klar terminologi, indikatorer og datasæt samt politisk støtte til medlemsstaterne.

¹³⁴ COM(2022) 230 (RePowerEU-planen).

¹³⁵ Det Internationale Energiagentur, Digitalization and Energy, 2017, <https://iea.blob.core.windows.net/assets/b1e6600c-4e40-4d9c-809d-1d1724c763d5/DigitalizationandEnergy3.pdf>.

¹³⁶ Stromnetz Hamburg, Elektromobilität — Netzausbaustrategie und Restriktionen im Hamburger Verteilnetz, Hamburg, 2018, <https://www.hamburg.de/contentblob/10993526/1f90214d9b07e4de6323c078ff779d9d/data/d-anlage-13-pra%CC%88sentation-snh-20180504-energienetzbeirat-snh.pdf>.

ren energi. Nogle digitale løsninger kan imidlertid øge energiforbruget og drivhusgasemissionerne uden passende effektivitetsforanstaltninger, f.eks. genvinding af spildvarme fra datacentre.

Energifællesskaber og subnationalt samarbejde: Mindst to millioner europæiske borgere har deltaget i mere end 8 400 energifællesskaber og gennemført over 13 000 projekter siden 2000¹³⁷. Energifællesskaber udgør et vigtigt test- og anvendelsesområde for rene energiteknologier og -løsninger. Den samlede vedvarende kapacitet, der installeres af energifællesskaber i Europa, anslås i øjeblikket til mindst 6,3 GW (dvs. ca. 1-2 % af den installerede kapacitet på nationalt plan). Solcelleenergi udgør størstedelen af den installerede kapacitet. Vindenergi på land kommer derefter. Udvikling af deltagelsesbaserede modeller for renere energiteknologier, navnlig rettet mod lavindkomsthusholdninger, kan sætte gang i udviklingen af flere energifællesskaber i hele EU og samtidig bidrage til at bekæmpe energifattigdom.

Øget interaktion på tværs af horisontale områder, samtidig med at der tages hensyn til den indbyrdes afhængighed mellem forskellige sektorer både på medlemsstats- og EU-plan, er afgørende for at fremskynde udbredelsen og opskaleringen af rene energiteknologier og for at styrke EU's konkurrenceevne på det globale marked for ren energi¹³⁸.

3. FOKUS PÅ VIGTIGE TEKNOLOGIER OG LØSNINGER FOR REN ENERGI

I dette afsnit præsenteres vurderingen af konkurrenceevnen for en række rene energiteknologier og -løsninger, der er afgørende for energiproduktion, -lagring og -systemintegration. Det giver også indsigt i, hvordan teknologien og markedet udvikler sig med henblik på at opfylde målene i den europæiske grønne pagt og REPowerEU. Dette afsnit omfatter en analyse af solceller, vind, varmepumper til bygninger, batterier, brintproduktion ved hjælp af elektrolyse, vedvarende brændstoffer og digital infrastruktur. Det giver også et overblik over andre vigtige teknologier¹³⁹. Denne evidensbaserede analyse — baseret på indikatorerne i bilag I — blev udført inden for rammerne af Kommissionens interne Observatorium for Ren Energiteknologi (CETO), som udføres af Det Fælles Forskningscenter. De detaljerede teknologispecifikke rapporter findes på CETO's websted¹⁴⁰.

3.1. Solceller¹⁴¹

Solceller har været den hurtigst voksende elproduktionsteknologi i verden i løbet af det seneste årti. Alle scenarier hen imod et klimaneutralt energisystem¹⁴² tildeler solcelleenergi en central

¹³⁷ Schwanitz, V. J., Wierling, A., Zeiss, J. P., von Beck, C., Koren, I. K., Marcroft, T. og Dufner, S., *The contribution of collective prosumers to the energy transition in Europe — Preliminary estimates at European and country level from the COMETS inventory*, August 2021, <https://doi.org/10.31235/osf.io/2ymuh>.

¹³⁸ SAPEA (Science Advice for Policy by European Academies), *A systemic approach to the energy transition in Europe*, Berlin, 2021, <https://doi.org/10.26356/energytransition>.

¹³⁹ Vandkraft, havenergi, geotermisk energi, koncentreret solenergi og varme, anvendelse og lagring af CO₂, bioenergi, kerneenergi.

¹⁴⁰ https://setis.ec.europa.eu/publications/clean-energy-technology-observatory-ceto_en.

¹⁴¹ Evidensbaseret analyse fra CETO (Chatzipanagi, A. m.fl., Observatoriet for Ren Energiteknologi: Photovoltaics in the European Union, Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets, Europa-Kommissionen, 2022, doi: 10.2760/812610 JRC130720), medmindre andet er anført.

¹⁴² Navnlig de scenarier, som ikke-statslige organisationer såsom Greenpeace, Energy Watch Group, Bloomberg New Energy Finance, Det Internationale Energiagentur, Det Internationale Agentur for Vedvarende Energi og sammenslutninger af solcelleindustrien har udarbejdet.

rolle. I den nylige meddelelse om den europæiske solenergi¹⁴³ opfordres der til ca. 450 GWac ny solcelleanlægskapacitet mellem 2021 og 2030. I betragtning af den nuværende tendens til at installere en jævnstrømskapacitet på 1,25-1,3 gange vekselstrømskapaciteten for at optimere anvendelsen af nettilslutningen¹⁴⁴ vil dette bringe den samlede nominelle solcellekapacitet i EU op på ca. 720 GWp. EU's solenergi¹⁴⁵ tager fat på de vigtigste flaskehalse og hindringer for investeringer med henblik på at fremskynde udbredelsen, sikre forsyningssikkerheden og maksimere de socioøkonomiske fordele ved solcelleenergi i hele værdikæden¹⁴⁵. European Solar PV Industry Alliance, som er et af de konkrete initiativer i EU's solenergi¹⁴⁵, blev formelt godkendt af Kommissionen i oktober 2022, og den har til formål at opskalere fremstillingsteknologier for innovative solcelleprodukter og -komponenter¹⁴⁶.

Teknologivurdering: Den gennemsnitlige effektivitet af siliciumcellebaserede moduler er steget fra 15,1 % i 2011 til 20,9 % i 2021¹⁴⁷. Dette skyldes anvendelsen af større skårne wafere og mere effektive solceller, herunder konstruktioner med multiforgrenede celler. Europa har en bemærkelsesværdig ekspertise og en førerposition inden for den lovende perovskitteknologi, hvor flere EU-virksomheder såsom Evolar (Sverige), Saule Technologies (Polen) og Solaronix (Frankrig) er i færd med at etablere produktionslinjer.

EU's solenergi¹⁴⁸ har til formål at vende den faldende tendens i den offentlige og private finansiering i solcelleindustrien¹⁴⁹. EU er ikke desto mindre fortsat en stærk innovator på området med et betydeligt antal publikationer og patentansøgninger registreret i 2017-2019. Tyskland alene ligger på femtepladsen i verden med hensyn til patentering af opfindelser af høj værdi i solceller.

Værdikædeanalyse: Både produktionsdata og nye investeringsprojekter bekræfter Asiens, og navnlig Kinas, dominans i produktionslandskabet for solcelleanlæg. Hele den yderligere produktionskapacitet på 80 000 ton polysilicium, der blev annonceret i begyndelsen af 2021 (som skal føjes til en samlet kapacitet på ~650 000 ton i 2020), samt de 118 000 ton, der allerede er under opførelse, bliver bygget i Kina¹⁵⁰. Solceller af silicium, som hovedsagelig produceres i Kina, tegner sig for over 95 % af den globale produktion. EU har dog stadig en betydelig andel i segmenterne for fremstilling af produktionsudstyr (50 %) og invertere (15 %) i solcelleværdikæden.

¹⁴³ COM(2022) 221 final ("EU's strategi for solenergi").

¹⁴⁴ Kougias I. et al, The role of photovoltaics for the European Green Deal and the recovery plan, 2021 (doi: [10.1016/j.rser.2021.111017](https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111017)). AC: Vekselstrøm, DC: Jævnstrøm.

¹⁴⁵ De flagskibsinitiativer, der er bebudet i EU's solenergi¹⁴⁵, omfatter EU's initiativ vedrørende tagmonterede solceller, Kommissionens tilladelsespakke, herunder et lovgivningsforslag, henstillinger og retningslinjer, EU's omfattende partnerskab om færdigheder inden for vedvarende energi på land, herunder solenergi og EU's alliance for solcelleindustrien). Navnlig vil EU's initiativ vedrørende solcelletage gøre installationen af tagmonteret solenergi obligatorisk for i) alle nye offentlige og kommercielle bygninger med et nytteareal på over 250 m² senest i 2026, ii) alle eksisterende offentlige bygninger og erhvervsbygninger med et nytteareal på over 250 m² senest i 2027 og iii) alle nye beboelsesejendomme senest i 2029. Det forventes, at disse foranstaltninger i kombination vil øge investeringerne i solcelleaktiver betydeligt og øge produktionskapaciteten for solcelleanlæg i EU.

¹⁴⁶ https://ec.europa.eu/info/news/commission-kicks-work-european-solar-photovoltaic-industry-alliance-2022-oct-11_en.

¹⁴⁷ VDMA, International Technology Roadmap for Photovoltaic (ITRPV), 2022.

¹⁴⁸ EU sigter navnlig mod at udvikle et FoI-flagskibsinitiativ vedrørende solenergi i det næste arbejdsprogram for Horisont Europa, etablere en FoI-søjle i den foreslåede EU-alliance for solcelleindustri og udvikle en fælles FoU-dagsorden for solenergi med medlemsstaterne inden for rammerne af det europæiske forskningsrum.

¹⁴⁹ De seneste tilgængelige tal for 2018 og 2019.

¹⁵⁰ Jäger-Waldau, Arnulf (2022) Overview of the Global PV Industry. I: Litcher, Trevor M. (red.), Comprehensive Renewable Energy, 2. udgave, bind 1, s. 130-143. Oxford: Elsevier. Doi. 10.1016/B978-0-12-819727-1.00054-6.

Global markedsanalyse: De globale investeringer i ny solenergiproduktion steg med 19 % i 2021 og nåede op på 205 mia. USD (242,5 mia. EUR¹⁵¹). I 2021 skete der imidlertid en yderligere forværring af EU's handelsbalance, fordi importen steg, mens eksporten forblev stabil og udgjorde 13 % af den globale eksport. Højere materialeomkostninger i mange industrisektorer i 2021 og 2022 førte til en ekstraordinær og hidtil uset stigning i produktionsomkostningerne for celler og moduler, hvilket vendte en årtier lang tendens til nedbringelse af omkostningerne. Ikke desto mindre blev solcellers konkurrenceevne yderligere forbedret i forhold til ikke-vedvarende energikilder¹⁵². Antallet af lande, hvor produktion af solcelleenergi er den billigste kilde, er derfor stigende. Stigninger i priserne på fossile brændstoffer som følge af naturkatastrofer, ulykker eller internationale konflikter kan kun forstærke denne tendens.

Det kan konkluderes, at de seneste tilgængelige data for 2021 og 2022 bekræfter den tidligere observerede tendens¹⁵³. EU har bekræftet sin position som et af de største markeder for solcelleenergi og som en stærk innovator, navnlig inden for fremspirende solcelleteknologier og -applikationer (såsom agrosolcelleanlæg, bygningsintegreret solcelleenergi og flydende solcelleanlæg). EU er imidlertid stærkt afhængig af import fra Asien for flere afgørende komponenter (wafere, ingots, celler og moduler) og har kun en betydelig tilstedeværelse i segmenterne for fremstilling af produktionsudstyr og invertere (som i øjeblikket oplever en flaskehals på grund af mangel på chips¹⁵⁴). Yderligere flaskehalse som følge af begrænsninger i prisoverkommeligheden (navnlig for lavindkomsthusholdninger og SMV'er), alt for lange ventetider (f.eks. i forbindelse med utilstrækkeligt kvalificerede solcelleinstallatører) påvirker allerede en større udbredelse af solcelleanlæg. De foranstaltninger og flagskibsinitiativer, der er bebudet i EU's solenergi-strategi, giver de vigtigste muligheder for at investere i solcelleaktiver og udvikle solcelleproduktionskapaciteten i EU samt diversificere importen. Sideløbende hermed har fortsatte teknologiske fremskridt hen imod mere effektive og bæredygtige celledesign og -fremstillingsprocesser gjort det muligt at forbedre solcelleteknologiernes konkurrenceevne yderligere i forhold til ikke-vedvarende energikilder — selv om råvareomkostningerne er steget. Disse elementer styrker forretningsgrundlaget for at fremme både produktion og udbredelse i EU, herunder innovative applikationer.

3.2.Hav- og landvindenergi¹⁵⁵

Vindenergi spiller en central rolle i EU's klima- og energipolitik, da fremskyndelsen af udbredelsen af vindenergi er afgørende for at opfylde den europæiske grønne pagt, Fit for 55- og REPowerEU-målene. REPowerEU opfordrer til hurtigere installation af

¹⁵¹ Med anvendelse af den gennemsnitlige vekselkurs på 1,1827 EUR for 1 USD i løbet af 2021. Se https://www.ecb.europa.eu/stats/policy_and_exchange_rates/euro_reference_exchange_rates/html/eurofxref-graph-usd.en.html.

¹⁵² Det skyldes, at priserne på naturgas, olie og kul er steget meget hurtigere i samme periode. Se <https://www.iea.org/reports/renewable-energy-market-update-may-2022>.

¹⁵³ COM(2021) 952 final ("Fremskridt med hensyn til konkurrenceevnen for rene energiteknologier").

¹⁵⁴ Rapport om EU-mikrochips. [European Chips Report](#). Det Indre Marked, Erhvervspolitik, Iværksætterier og SMV'er ([europa.eu](#)).

¹⁵⁵ Evidensbaseret analyse fra CETO (Telsnig, T. et al, Observatoriet for Ren Energiteknologi: Wind Energy in the European Union — 2022 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets, Europa-Kommissionen, 2022, doi: 10.2760/855840, JRC130582.), medmindre andet er anført.

vindenergikapacitet med en vindkraft på 510 GW senest i 2030¹⁵⁶, hvilket forventes at svare til en andel på 31 % af EU's installerede elproduktionskapacitet¹⁵⁷.

EU har været førende på verdensplan i FoI inden for vindenergi siden 2014, hvor de offentlige udgifter tegnede sig for 883 mio. EUR i perioden 2014-2021, og EU huser i øjeblikket 38 % af alle innovative virksomheder og den største pulje af nystartede virksomheder og innovative virksomheder. I 2021 blev der imidlertid kun installeret 11 GW vindenergi (10 GW onshorevindkraft, 1 GW offshorevindkraft) i EU, og udsigterne for 2022 ligger stadig under det tempo, der er nødvendigt for at nå REPowerEU-målene. Kina er i øjeblikket førende med hensyn til kumulative vindenergianlæg med en kapacitet på 338 GW, hovedsagelig på grund af en øget udbredelse i 2021. Samme år nåede EU op på ca. 190 GW samlet installeret kapacitet.

For at opfylde REPowerEU-målene vil det være afgørende at fremskynde udbredelsen af vindenergi, og det vil kræve klare investeringskanaler og omsætning af politiske mål til konkrete gennemførelsesforanstaltninger, herunder vedtagelse af forpligtelser til at lette udstedelsen af tilladelser til vindmølleparker.

Teknologivurdering: Den samlede installerede globale vindkapacitet på land var 769 GW i 2021, hvilket er næsten tre gange højere end ti år tidligere¹⁵⁸, og der blev installeret en kapacitet på 72 GW alene i 2021. 2021 var også et rekordår for offshorevindkraft med 21 GW ny kapacitet installeret globalt, hvilket er mere end en tredobling i forhold til den tidligere rekord i 2020. Den samlede installerede kapacitet udgjorde 55 GW i 2021¹⁵⁹. Kina stod i spidsen for stigningen i den globale installerede kapacitet med 30,6 GW onshorevindkraft og 16,9 GW offshorevindkraft installeret i 2021.

EU havde en samlet onshorevindkapacitet på 173 GW og en samlet offshorevindkapacitet på ca. 16 GW ved udgangen af 2021. Den samlede vindkapacitet svarede til ca. 14 % af EU's samlede elforbrug. I 2021 var der også det næsthøjeste årlige bidrag fra onshorevindkapaciteten i EU siden 2010 (10 GW om året¹⁶⁰). Der blev imidlertid kun opstillet 1 GW offshorevindenergi i EU i 2021¹⁶¹. Industriens aktører fremhæver udstedelsen af tilladelser som en af de største flaskehalse for den fortsatte og massive udbredelse af vindenergi, fordi den forårsager forsinkelser og færre afsluttede projekter. Dette lægger så igen pres på forsyningskædens rentabilitet. Kommissionen har fremsat lovgivningsforslag og retningslinjer for at fremskynde udstedelsen af tilladelser som led i REPowerEU-pakken.

Værdikædeanalyse: Vindenergisektoren har udviklet sig til en global industri med ca. 800 produktionsanlæg. De fleste af disse findes i Kina (45 %) og Europa (31 %)¹⁶². EU har fastholdt sin førerposition med hensyn til patenter af høj værdi inden for vindenergiteknologier: EU's andel af opfindelser af høj værdi var 59 % i 2017-2019. EU's vindmølleproducenter er fortsat

¹⁵⁶ SWD(2022) 230 final ("Implementing the REPower EU Action plan: investment needs, hydrogen accelerator and achieving the bio-methane targets"). Findes på: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52022SC0230&from=EN>.

¹⁵⁷ SWD(2022) 230 final ("ifølge PRIMES-modelberegninger af den installerede nettoeffekt i REPowerEU i 2030"), figur 3: Installeret nettokapacitet i REPowerEU i 2030 (GWe). Findes på: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52022SC0230&from=EN>.

¹⁵⁸ Renewable Capacity Statistics 2022, IRENA, Abu Dhabi, 2022.

¹⁵⁹ Renewable Capacity Statistics 2022, IRENA, Abu Dhabi, 2022.

¹⁶⁰ Wind Energy in Europe: 2021 Statistics and the outlook for 2022-2026, WindEurope, Belgien, 2022.

¹⁶¹ Wind Energy in Europe: 2021 Statistics and the outlook for 2022-2026, WindEurope, Belgien, 2022.

¹⁶² Efterfulgt af Indien (7 %), Brasilien (5 %) og Nordamerika (4,5 %). Se også: WindEurope/Wood Mackenzie, Wind energy and economic recovery in Europe, Belgien, 2020.

førende, når det gælder kvalitet, teknologisk udvikling og investering i forskning og innovation. EU's vindindustri har også stor produktionskapacitet inden for komponenter med stor merværdi (tårne, gearkasser og vinger) samt for komponenter, der også kan anvendes af andre industrisektorer (f.eks. generatorer, energiomformere og styresystemer). EU's værdikæde for produktion af offshorevindkraft får hovedsagelig sine komponenter fra EU-producenter. Hvad angår onshorevindkraft køber EU's originaludstyrsfabrikanter derimod deres komponenter fra mange forskellige udenlandske leverandører.

Mange af råmaterialerne til generatorer importeres hovedsagelig fra Kina. Potentielle vanskeligheder med at øge produktionen af råstoffer med henblik på at nå 2030-målene kan udgøre en udfordring for EU's vindindustri. Stigningen i ressourcepriserne i 2021 og usikkerheden på udbudssiden udgør også en hindring. Industrien har også givet udtryk for miljømæssige betænkeligheder med hensyn til genanvendelse af kompositvinger. Både nationale og europæiske forskningsprogrammer inden for vindenergi fokuserer derfor i stigende grad på cirkularitet.

Global markedsanalyse: EU har i løbet af det seneste årti opretholdt en positiv handelsbalance med resten af verden på mellem 1,8 mia. EUR og 2,8 mia. EUR. EU har imidlertid haft negative handelsbalancer med Kina og Indien siden 2018. Kinesiske OEM'er overhalede for første gang deres modparter i EU målt i globale markedsandele i 2020. EU's førende markeder har ikke desto mindre et betydeligt antal indenlandske producenter¹⁶³.

Det kan konkluderes, at EU's vindsektor fortsat er førende i verden med hensyn til FoI og patenter af høj værdi. Dette skyldes den produktionskapacitet, arbejdsstyrke og de færdigheder, den har til rådighed. Industrien skal dog mere end fordoble den nuværende årlige kapacitetsinstallation i EU for at nå målene for 2030.

Gennemførelsen af direktivet om vedvarende energi¹⁶⁴, det nylige forslag til ændring heraf¹⁶⁵ samt Kommissionens respektive henstilling og vejledning fra 2022¹⁶⁶ forventes at fjerne de vigtigste tilladelsesrelaterede hindringer for udbredelse. En klar forudgående angivelse af medlemsstaternes planer for vindenergianlæg vil også gøre det muligt at forberede den fremtidige kapacitet rettidigt. Sideløbende hermed vil FoI om cirkularitet fremme industrien ved at tage fat på miljøproblemer og forsyningsafbrydelser og dermed forbedre konkurrenceevnen i EU's vindenergisektor.

3.3.Varmepumper til bygninger

På EU-plan støttes brugen af varmpumper i stigende grad inden for rammerne af den europæiske grønne pagt, Fit for 55-pakken og REPowerEU-planen¹⁶⁷. REPowerEU-planen opfordrer til en fordobling af den nuværende udnyttelsesgrad for individuelle varmpumper, hvilket vil resultere i en samlet udrulning af 10 mio. varmpumper i løbet af de næste fem år

¹⁶³ WindEurope/Wood Mackenzie, Wind energy and economic recovery in Europe, 2020.

¹⁶⁴ EUT L 328 af 21.12.2018. Direktiv (EU) 2018/2001 af 11. december 2018 om fremme af anvendelsen af energi fra vedvarende energikilder.

¹⁶⁵ COM(2021) 557 final ("Forslag til Europa-Parlamentets og Rådets direktiv om ændring af Europa-Parlamentets og Rådets direktiv (EU) 2018/2001, Europa-Parlamentets og Rådets forordning (EU) 2018/1999 og Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 98/70/EF for så vidt angår fremme af energi fra vedvarende energikilder og om ophævelse af Rådets direktiv (EU) 2015/652").

¹⁶⁶ SWD(2022) 0149 final ("Vejledning til medlemsstaterne om god praksis for fremskyndelse af tilladelsesprocedurerne for projekter om vedvarende energi").

¹⁶⁷ COM(2022) 230 final ("REPowerEU-planen").

og 30 mio. i 2030, hvilket vil blive modsvaret af en opskalering af EU's produktionskapacitet. Planen opfordrer også til hurtigere udbredelse af store varmepumper i fjernvarme- og fjernkølingsnet. En fælles udbredelse af både tagmonterede solcelleanlæg (og solvarme) og varmepumper med intelligent styring, der reagerer på netbelastning og prissignaler, vil bidrage til at øge dekarboniseringen og mindske udfordringerne i forbindelse med integration i elnettet.

Teknologivurdering: Varmepumper til bygninger er kommercielt tilgængelige produkter. De kan klassificeres efter den kilde, hvorfra de udvinder termisk energi (luft, vand eller jord), det medium, hvortil de overfører varmen (luft eller vand), deres formål (rumopvarmning eller -køling, opvarmning af brugsvand) og markedssegmenter (erhvervs- eller beboelsejendomme og net).

Hvad angår varmepumper, der hovedsagelig anvendes til rum- og brugsvandopvarmning, nåede den installerede mængde i denne sektor op på næsten 17 mio. enheder i Europa ved udgangen af 2021, mens salget nåede op på 2,18 mio. enheder i 2021, hvilket svarer til en samlet årlig vækstrate på 17 % i de seneste fem år og 20 % i de seneste tre år¹⁶⁸.

RoI-aktiviteter for individuelle varmepumper drives af efterspørgslen efter mere effektive, kompakte og støjsvage enheder, bredere driftsområder for omgivelsestemperatur, digitalisering med henblik på optimal integration med energinet og lokal energiproduktion og -lagring. De er også drevet af nye EU-forordninger med henblik på større energieffektivitet og lavere miljøpåvirkning i hele livscyklussen, herunder materialecirkularitet og kølemidler med lavt globalt opvarmningspotentiale (GWP). I forbindelse med kommercielle varmepumper er der f.eks. tale om integration af samtidig varme- og kuldeforsyning med varmelagring.

EU's position inden for FoI er stærk og i fremgang. EU er førende inden for patenter på "varmepumper, der primært bruges til opvarmning" til anvendelse i bygninger. I 2017-2019 blev 48 % af patenterne for "opfindelser af høj værdi" indgivet i EU, efterfulgt af Japan (12 %), USA (8 %), Korea (7 %) og Kina (5 %)¹⁶⁹. I 2014-2022 ydede Horisont 2020 i alt 277 mio. EUR i støtte til projekter vedrørende varmepumper til bygninger.

Værdikædeanalyse: Omsætningen inden for fremstilling, installation og vedligeholdelse af varmepumper i EU beløb sig til 41 mia. EUR i 2020 og er steget med en gennemsnitlig årlig vækstrate på 21 % i løbet af de seneste tre år. Direkte og indirekte arbejdspladser udgjorde 318 800 i 2020, en gennemsnitlig årlig vækst på 18 % i løbet af de seneste tre år. Disse data omfatter alle typer varmepumper, herunder luft-til-luft-varmepumper, der anvendes til køling og/eller opvarmning¹⁷⁰.

Produktionen af varmepumper kræver ikke kritiske råstoffer, men påvirkes af den nuværende mangel på halvledere på verdensplan.

Global markedsanalyse: I EU består værdikæden for "varmepumper, der primært bruges til opvarmning" af mange SMV'er og nogle få store aktører. Andelen af varmepumper, der importeres, er stigende, og handelsunderskuddet nåede op på 390 mio. EUR i 2021 i

¹⁶⁸ European Heat Pump Association (EHPA), 2022, <https://www.ehpa.org/market-data/>.

¹⁶⁹ Lyons, L. et al, Observatoriet for Ren Energiteknologi, Heat Pumps in the European Union — 2022 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets, 2022 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets, Europa-Kommissionen, 2022, JRC130874.

¹⁷⁰ Baseret på EurObserv'ER-data, 2020.

modsatning til det overskud på 202 mio. EUR, der blev registreret fem år tidligere¹⁷¹. Importen fra Kina blev fordoblet i 2021 til 530 mio. EUR.

Det kan konkluderes, at udbredelsen af varmepumper allerede skrider hurtigt frem, men at den skal fremskyndes yderligere for at opfylde REPowerEU-målene. EU-baserede leverandører er nødt til at øge produktionen for at imødekomme EU's stigende efterspørgsel efter varmepumper. Nogle industrisammenslutninger hævder, at en hurtigere udfasning af kølemedler med højt GWP vil forsinke en forøgelse af produktionen for specifikke anvendelser, men forbudsdatoerne i forslaget til ændring af forordningen om F-gasser¹⁷² har til formål at give industrien tilstrækkelig tid til at tilpasse sig. Manglen på uddannede installatører og høje indledende omkostninger kan forsinke udbredelsen i EU.

Industrien opfordrer til en "varmepumpeaccelerator"-platform, som skal samle Kommissionen, medlemsstaterne og sektoren selv. Platformen vil blive understøttet af klare og vedvarende politiske signaler, der vil skabe tillid til langsigtet planlægning, sikre gunstige lovgivningsmæssige rammer, nedbringe omkostningerne ved hjælp af mere samarbejde og FoI og udvikle en pagt om færdigheder med fokus på varmepumper. Som led i REPowerEU-planen vil Kommissionen støtte medlemsstaternes bestræbelser på at samle deres offentlige ressourcer via potentielle vigtige projekter af fælleseuropæisk interesse med fokus på banebrydende teknologier og innovation i værdikæden for varmepumper og på at etablere et storstilet færdighedspartnerskab inden for rammerne af pagten om færdigheder.

3.4. Batterier

Batterier vil spille en afgørende rolle med hensyn til at nå målene i den europæiske grønne pagt og gennemføre REPowerEU-planen¹⁷³, fordi de kan mindske afhængigheden af brændstoffimport i transportsektoren og sikre maksimal udnyttelse af vedvarende elektricitet og reducere afbrydelser. Der forventes over 50 millioner elektriske køretøjer (EV'er) på EU's veje i 2030¹⁷⁴ (med mindst 1,5 TWh batterier) og over 80 GW/160 GWh stationære batterier¹⁷⁵. EU bevæger sig gradvist i retning af nye nulemissionsbiler inden 2035 i overensstemmelse med målet om en samlet bilpark i EU på 270 mio. køretøjer, der bør være nulemissionskøretøjer (hovedsagelig elektriske) senest i 2050. E-mobilitet er den vigtigste drivkraft for efterspørgslen efter batterier. Lithium-ion-batterier forventes at dominere markedet langt ud over 2030, men der udvikles sideløbende andre teknologier.

Teknologivurdering: På trods af afbrydelser af chip- og magnesiumforsyningen har udbredelsen af batteriteknologi i EU nået et historisk højdepunkt: Der blev solgt 1,7 millioner nye elektriske køretøjer i 2021, hvilket svarer til 18 % af markedet (sammenlignet med 3 % i 2019 og 10,5 % i 2020¹⁷⁶) og overstiger Kina (16 %). Det nationale salg af elektriske køretøjer varierede fra 1,3 % i Cypern til 45 % i Sverige. EU's marked for stationære batterier vokser

¹⁷¹ COMEXT, kode 841861.

¹⁷² COM(2022) 150 final ("Forslag til Europa-Parlamentets og Rådets forordning om fluorholdige drivhusgasser, om ændring af direktiv (EU) 2019/1937 og om ophævelse af forordning (EU) nr. 517/2014").

¹⁷³ COM(2022) 230 final ("REPowerEU-planen").

¹⁷⁴ Policy scenarios for delivering the European Green Deal, Europa-Kommissionen, 2021. Findes på: https://energy.ec.europa.eu/data-and-analysis/energy-modelling/policy-scenarios-delivering-european-green-deal_en.

¹⁷⁵ Policy scenarios for delivering the European Green Deal, Europa-Kommissionen, 2021. Findes på: https://energy.ec.europa.eu/data-and-analysis/energy-modelling/policy-scenarios-delivering-european-green-deal_en.

¹⁷⁶ European Automobile Manufacturers' Association (ACEA), februar 2022, <https://www.acea.auto/fuel-pc/fuel-types-of-new-cars-battery-electric-9-1-hybrid-19-6-and-petrol-40-0-market-share-full-year-2021/>

også hurtigt og forventes at nå op på 8 GW/13,7 GWh inden udgangen af 2022¹⁷⁷. Der er imidlertid behov for en yderligere fremskyndelse for at mindske afhængigheden af gasdrevne spidsbelastningsanlæg i overensstemmelse med REPowerEU-målene.

I 2021 faldt den gennemsnitlige batteripris med 6 % til omkring 116 EUR/kWh¹⁷⁸ på det globale marked og til ca. 150 EUR/kWh på EU-markedet. Dette fortsætter en langsigtet tendens. Men med stigende priser i 2022 som følge af chok på udbudssiden er tendensen nu ved at vende (f.eks. var prisen på lithiumcarbonat i foråret 2022 steget med 974 % i forhold til 2021¹⁷⁹). Batteripakker vil være mindst 15 % dyrere i 2022 end i 2021¹⁸⁰. Systemomkostningerne ved Li-ion-applikationer i netskala lå i 2021 på ca. 350 EUR/kWh¹⁸¹ og for lagersystemer i hjemmet næsten det dobbelte.

Værdikædeanalyse: Næsten hele EU's masseproduktion af lithium-ion-batterier i 2021 blev stadig udført af asiatiske producenter, der er etableret i EU (Ungarn og Polen). Opførelsen af nye gigafabrikker betyder, at EU (især Tyskland og Sverige) gradvist vil få større betydning på markedet. Svenske Northvolt fremstillede sin første battericelle fremstillet af 100 % genanvendt nikkel, mangan og kobolt i slutningen af 2021 og begyndte de kommercielle leverancer i 2022. Virksomheden hævder, at den har en meget effektiv genanvendelsesproces med genvinding af op til 95 % af batterimetallerne¹⁸².

EU forventes at nå op på over 75 GWh¹⁸³ installeret produktionskapacitet ved udgangen af 2022 (sammenlignet med 44 GWh i midten af 2021). De igangværende projekter viser, at EU er godt på vej til at opfylde 69 % af efterspørgslen efter batterier i 2025 og 89 % i 2030¹⁸⁴. Dette skyldes i vid udstrækning den europæiske batterialliances initiativer¹⁸⁵.

Opstrømsråvaresegmentet er fortsat det mindst modstandsdygtige i batteriværdikæden. På trods af flere EU-initiativer steg forsyningsmanglen for batteriråstoffer i 2021¹⁸⁶. Brugte batterier sendes stadig for det meste til Asien med henblik på genanvendelse¹⁸⁷.

EU gør hurtige fremskridt inden for Li-ion-teknologi (især den mest effektive NMC-streng¹⁸⁸), men det går for langsomt med stationære batteriteknologier baseret på rigelige råmaterialer (f.eks. flowbatterier og natrium-ion-batterier — sidstnævnte har også et godt potentiale til elektriske køretøjer, bl.a. på grund af udviklingen i Kina). EU er også langsommere til at

¹⁷⁷ European Market Monitor on Energy Storage, sjette udgave (EMMES 6.0), <https://ease-storage.eu/publication/emmes-6-0-june-2022/>.

¹⁷⁸ BNEF, Battery Pack Prices Fall to an Average of \$132/kWh, 30. november, 2021. Vekselkurs på 0,8826 EUR for 1 USD den 30. november 2021.

¹⁷⁹ Energy Storage News, BloombergNEF predicts 30 % annual growth for global energy storage market to 2030, 4. april 2022.

¹⁸⁰ IEA, Global EV outlook 2022, 2022.

¹⁸¹ Baseret på Aurora Energy Research-webinar den 21. april 2022, "Hvor høje kan batteriomkostninger blive?"

¹⁸² NorthVolt.com, "Northvolt produces first fully recycled battery cell", 12. november, 2021.

¹⁸³ Herunder LG Chem (Polen): 32 GWh, Samsung SDI (Ungarn): 20 GWh, Northvolt (Sverige): 16 GWh, SK Innovation (Ungarn): 7,5 GWh ([Benchmark Minerals: Europes EV gigafactory capacity pipeline to grow 6-fold to 789.2 GWh to 2030 — Green Car Congress](#)). Andre producenter, f.eks. SAFT, MES og Leclanché, bidrager med mindre kapacitet, men er i gang med at øge deres produktionsmængder.

¹⁸⁴ EIT InnoEnergy, bidrag til ministermødet på højt plan om batterier, februar 2022.

¹⁸⁵ [Den europæiske batterialliance \(europa.eu\)](#)

¹⁸⁶ EIT InnoEnergy, bidrag til ministermødet på højt plan om batterier, februar 2022.

¹⁸⁷ EBA250, det industrielle udviklingsprogram for den europæiske batterialliance, <https://www.eba250.com/>.

¹⁸⁸ NMC = nikkel-mangan-kobolt.

indføre billigere litium(ion)jernfosfat-teknologi (LFP), som i stigende grad anvendes i Asien og er mindre afhængig af kritiske råmaterialer.

Global markedsanalyse: Kina kontrollerer 80 % af verdens kapacitet til raffinering af batteriråvarer, 77 % af celleproduktionskapaciteten og 60 % af produktionskapaciteten for batterikomponenter¹⁸⁹. EU's handelsunderskud for Li-ion-batterier fortsatte med at vokse i 2021 og nåede op på 5,3 mia. EUR¹⁹⁰ (en stigning på 25 % i forhold til 2020). EU står for ca. 19 % af den globale produktion af elektriske køretøjer¹⁹¹, men har kun en meget lille del af opstrømsleverandørkæden (med undtagelse af koboltforarbejdning). Produktionen og ibrugtagningen af elbusser i EU (7 356 elbusser var i brug ved udgangen af 2021) er ubetydelig sammenlignet med Kina, som tegner sig for over 90 % af den globale beholdning på 670 000 elbusser¹⁹².

Det kan konkluderes, at EU i stigende grad er ved at opbygge den stærkt nødvendige teknologiske kapacitet inden for billigere lagring/længerevarende lagring (f.eks. teknologier til natrium-ion- og zinkbaserede batterier samt flowbatterier) og indtager en stærk position inden for slutprodukter (især produktion og udbredelse af elektriske køretøjer, med undtagelse af segmentet for elektriske busser). EU er også hurtigt ved at indhente sit efterslæb inden for cellefremstilling, når det gælder Li-ion-teknologi, og er på vej til at blive næsten selvforsynende inden for batteriproduktion inden 2030. Manglen på indenlandsk produktion af råstoffer og avancerede materialer er et vedvarende problem på trods af igangværende initiativer. EU sigter mod at øge sin indsats for at tackle disse udfordringer fra udvinding til raffinering og fra forarbejdning til genanvendelse, f.eks. med den bebudede europæiske lov om råstoffer af kritisk betydning.

3.5. Produktion af vedvarende brint ved hjælp af vandelektrolyse

Vedvarende brint¹⁹³ har et stort potentiale til at bidrage til EU's klima- og energimål. Det kan anvendes som brændstof i sektorer, der er vanskelige at elektrificere (f.eks. langdistancetransport og tung transport), som kemisk råvare (f.eks. gødningsstoffer og andre kemikalier), og i industrielle processer (f.eks. stål- eller cementproduktion). Brint og derivater heraf forventes at udgøre 12 % af det globale energimiks i 2050¹⁹⁴, men vedvarende brint, der anvender vandelektrolyse, udgør i øjeblikket kun 0,1 % af EU's samlede produktion.

REPowerEU har yderligere styrket de politiske mål i brintstrategien for 2020¹⁹⁵ ved at fastsætte 2030-målene for vedvarende og kulstoffattig brint til 10 mio. ton indenlandsk produktion og 10 mio. ton import (delvist i form af ammoniak). Oprettelsen af en europæisk brintbank vil

¹⁸⁹ Willuhn M., National lithium-ion battery supply chains ranked, PV Magazine, 16. september 2020.

¹⁹⁰ COMEXT 2022-data.

¹⁹¹ Baseret på Procom 2021-produktionsdata for EU og IEA om det globale salg af elektriske køretøjer i 2021.

¹⁹² 2022 IEA EV Outlook.

¹⁹³ Kommissionen definerer vedvarende brint som brint, der produceres ved hjælp af elektricitet fra vedvarende energikilder, eller som stammer fra biomasse, der opfylder 70 % af CO₂-emissionsreduktionerne (sammenlignet med fossile brændstoffer). Kommissionen har fastsat en tærskel for "kulstoffattig brint" i pakken om dekarbonisering af gas og brint af 15. december 2021 (COM(2021) 803 final).

¹⁹⁴ IRENA, Geopolitics of Energy Transformation: the Hydrogen Factor, Abu Dhabi, 2022.

¹⁹⁵ COM(2020) 301 ("En strategi for brint med henblik på et klimaneutralt Europa").

fremskynde produktionen og anvendelsen af vedvarende brint og bidrage til at udvikle de nødvendige infrastrukturer på en koordineret måde¹⁹⁶.

Kommissionen og EU's førende elektrolyseproducenter forpligtede sig til at tidoble produktionskapaciteten til 17,5 GW for brintproduktion senest i 2025¹⁹⁷. Desuden afsætter medlemsstaternes genopretnings- og resiliensplaner ca. 10,6 mia. EUR til brintteknologier, og der blev godkendt to vigtige projekter af fælleseuropæisk interesse af Kommissionen i 2022 (juli og september) til investeringer på 5,4 og 5,2 mia. EUR, der involverer henholdsvis 15 og 13 medlemsstater.

Teknologivurdering: Ud af en global kapacitet på 300 MW i 2020¹⁹⁸ tegnede Europa (herunder Det Forenede Kongerige og EFTA-landene) sig for 135 MW installeret kapacitet i 2021. Protonbyttmembran- (PEM) og alkaliske elektrolysatorer udgør henholdsvis 55 % og 44 % af den installerede kapacitet på det europæiske område (inklusive EFTA og Det Forenede Kongerige)¹⁹⁹.

De normaliserede elomkostninger er den vigtigste faktor, der påvirker den økonomiske levedygtighed af investeringerne i elektrolysatorerne, og stigende elpriser er fortsat en af de største udfordringer for den økonomiske levedygtighed af en konkurrencedygtig produktion af elektrolysefremstillet brint.

Omkostningerne ved europæisk brintproduktion ved hjælp af vedvarende energikilder varierer fra en (2020) median på 6,8 EUR/kgH₂ (produktion baseret på solenergi) til en median på 5,5 EUR/kgH₂ (produktion baseret på vindenergi)²⁰⁰. Omkostningerne til elektrolysatorer forventes at falde som følge af elektrolyse ved høj temperatur: fra 2130 EUR/kW i 2020 til 520 EUR/kW i 2030. Omkostningsmålene for 2030 for PEM-elektrolysatorer og alkaliske elektrolysatorer er på henholdsvis 500 EUR/kW og 300 EUR/kW²⁰¹.

Værdikædeanalyse: Produktionskapaciteten for vandelektrolysatorer i 2021 er anslået til 2,5 GW/år i Europa²⁰². Den globale produktionskapacitet blev anslået til ca. 6-7 GW/år (ca. to tredjedele alkalisk og en tredjedel PEM for både europæiske og globale markeder)²⁰³.

Produktionsmængden i Europa er lavere end i Kina og USA. Det anslås, at kinesiske virksomheder har halvdelen af verdens produktionskapacitet inden for alkalisk elektrolyse, og at amerikanske virksomheder har størstedelen af verdens produktionskapacitet inden for PEM-elektrolyse. Europa er førende med hensyn til antallet af fremstillingsvirksomheder og inden for fastoxidelektrolyse, men er afhængig af lande som Kina, Rusland og Sydafrika med hensyn til levering af de nødvendige kritiske råmaterialer, og Europa kan kun skaffe 1-3 % af dem på hjemmemarkedet²⁰⁴.

¹⁹⁶ Som bebudet i talen om Unionens tilstand 2022 den 14. september 2022, https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/da/SPEECH_22_5493.

¹⁹⁷ Fælles erklæring af 5. maj 2022, <https://ec.europa.eu/documents/50014/>.

¹⁹⁸ Global Hydrogen Review, IEA, 2021.

¹⁹⁹ The Clean Hydrogen Monitor, Hydrogen Europe, 2021.

²⁰⁰ The Clean Hydrogen Monitor, Hydrogen Europe, 2021.

²⁰¹ Strategisk forsknings- og innovationsdagsorden 2021-2027, Partnerskabet om ren brint.

²⁰² Fælles erklæring fra det europæiske topmøde om elektrolysatorer, Bruxelles, 5. maj 2022.

²⁰³ BNEF, 2021. Bemærk, at forskellige kilder giver forskellige skøn over den årlige produktionskapacitet.

²⁰⁴ Dolci, F. et al, Observatoriet for Ren Energi: Hydrogen Electrolysis — 2022 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets, Europa-Kommissionen, 2022, JRC130683.

Vandforbrug (i øjeblikket ca. 17 l/kgH₂) i forbindelse med udrulningen af mere vedvarende brintproduktion vil øge presset på ferskvandsressourcerne, så nye elektrolyseplaceringer bør overholde vandrammedirektivet²⁰⁵ for også at beskytte mod vandrelaterede produktionsflaskehalse.

Global markedsanalyse: Kun 0,2 % af den samlede årlige efterspørgsel efter brint (ikkevedvarende) i Europa på 8,4 mio. ton leveres via international handel²⁰⁶. Selv om international handel med brint stadig ikke er en realitet, er der betydelige handelsmuligheder i den fremtidige forsyning af vedvarende brint til EU som identificeret i REPowerEU-planen.

Det kan konkluderes, at uden større samlesystemer, mere automatisering og stordriftsfordele kan EU ikke konkurrere med Kina inden for alkalisk teknologi.

De nuværende høje elpriser og afhængigheden af import af kritiske råstoffer, der er koncentreret hos nogle få leverandører, er grundlæggende svagheder i EU's elektrolyseværksteder. Der er behov for langsigtede samarbejdsaftaler. Der er også behov for målrettet forskning i alternativer til sjældne metaller og andre kritiske råstoffer, som i øjeblikket er nødvendige til vandelektrolyse. Desuden afhænger succes på lang sigt af en bæredygtig vandforsyning og tilstrækkelig genanvendelseskapacitet i EU samt en samlet tilgang til at tiltrække efterspørgsel og udbud. Støtte fra EU's regulerings- og finansieringsrammer samt store investeringer gennem genopretningsfinansiering, vigtige projekter af fælleseuropæisk interesse, samhørighedspolitikken, Horisont Europa, Fællesforetagendet for ren brint²⁰⁷ og Innovationsfonden er afgørende for konkurrenceevnen i EU's industri for vedvarende brint.

3.6. Vedvarende brændstoffer

Vedvarende brændstofteknologier kan på kort sigt bidrage væsentligt til dekarboniseringen af transportsektoren og sikre energiforsyningsikkerheden og energidiversificeringen. REPowerEU-planen²⁰⁸ udpeger navnlig biomethan²⁰⁹ som afgørende for at diversificere EU's gasforsyninger ved at øge produktionen til det dobbelte af EU's 2030-mål og dermed prioritere biometan højest inden for vedvarende energi.

Fit for 55-lovforslagene²¹⁰ vil skabe en betydelig efterspørgsel efter vedvarende energi i transportsektoren i 2030, som er betydeligt højere end de mål for andelen af avancerede biobrændstoffer og vedvarende brændstoffer, der ikke er af biologisk oprindelse, som er fastsat i det reviderede RED II-forslag²¹¹. Dette skyldes målet om drivhusgasbesparelser på 13 % inden for transport (som sandsynligvis ikke vil blive opfyldt ved elektrificering alene) og de højere mål for drivhusgasbesparelser på 40 % og 61 % i de reviderede forslag til henholdsvis

²⁰⁵ EFT L 327 af 22.12.2000. Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2000/60/EF om fastlæggelse af en ramme for Fællesskabets vandpolitiske foranstaltninger.

²⁰⁶ Hydrogen Europe, Clean Hydrogen Europe, 2021. Den årlige efterspørgsel efter brint indbefatter Island, Norge, Schweiz og Det Forenede Kongerige.

²⁰⁷ Fællesforetagendet for ren brint har tildelt 150,5 mio. EUR, Horisont 2020-programmet har stillet 130 mio. EUR til rådighed, og Innovationsfonden har støttet fire projekter med 240 mio. EUR indtil midten af 2022.

²⁰⁸ COM(2022) 230 final ("REPowerEU-planen").

²⁰⁹ Især når det fremstilles af organisk affald og restprodukter, hvilket resulterer i et avanceret biobrændstof, når det anvendes i transportsektoren.

²¹⁰ COM(2021) 550 final ("Fit for 55: realisering af EU's klimamål for 2030 på vej mod klimaneutralitet").

²¹¹ COM(2021) 557 final ("Ændring af direktiv 2018/2001, forordning 2018/1999, direktiv 98/70/EF for så vidt angår fremme af energi fra vedvarende energikilder").

forordningen om indsatsfordeling²¹² og direktivet om emissionshandelssystemet²¹³ (hvis disse skal opfyldes med tilsvarende bidrag fra transportsektoren). I REPowerEU-planen foreslås det at øge de nødvendige mængder vedvarende brændstoffer yderligere. I modsætning til vejtransport, hvis dekarbonisering for en stor dels vedkommende forventes at ske ved hjælp af elektricitet og brint²¹⁴, indebærer forslagene fra RefuelEU Aviation og FuelEU Maritime, at vedvarende brændstoffer vil levere 5 % og 6,5 % af EU's samlede forbrug af jet- og skibsbrændstof i luftfarts- og søfartssektoren^{215, 216}.

Teknologivurdering: Der findes kommercielle muligheder (f.eks. anaerob nedbrydning til biomethan, hydrogeneret vegetabilsk olie og produktion af ethanol af lignocelluloseholdige stoffer), men den installerede kapacitet er lille (0,43 mio. ton/år), og den planlagte produktion er begrænset (1,85 mio. ton/år). En række innovative teknologier (f.eks. forgasning af biomasse til Fischer-Tropsch-syntetiske brændstoffer, brændstoffer fremstillet ved pyrolyse og produktion af biomethanol) er blevet demonstreret i industrielle miljøer og er klar til at blive taget i brug. Der gøres mærkbare fremskridt med flere næstegenerationsteknologier. EU fokuserer sine foranstaltninger på avancerede biobrændstoffer, hovedsagelig baseret på ikkegeanvendeligt affald og restprodukter, og begrænser sin støtte til biobrændstoffer baseret på fødevarer og råprodukter.

Teknologier til andre vedvarende syntetiske brændstoffer (solenergi-baserede brændstoffer, anden generation af mikrobielle brændstoffer og mikroalgebrændstoffer) er for hovedpartens vedkommende stadig på laboratoriestadiet. Selv for e-brændstoffer er de mest avancerede teknologier endnu ikke kommercielle på grund af de stadig eksisterende teknologiske udfordringer, de nuværende høje elektrolyseomkostninger, høje konverteringstab (50 %) og høje transport- og distributionsomkostninger²¹⁷.

Værdikædeanalyse: Den største udfordring for markedsudbredelsen af avancerede biobrændstoffer er deres konkurrenceevne i forhold til eksisterende konventionelle biobrændstoffer baseret på fødevarer og råvarer. Omkostningerne ved avancerede biobrændstoffer anslås til 1,5-3 gange markedsprisen på traditionelle biobrændstoffer såsom biodiesel og bioethanol (fastsat til 50-100 EUR/MWh). Avancerede biobrændstoffer har også høje kapitaludgifter (op til 500 mio. EUR til et enkelt anlæg) og er afhængige af tilgængeligheden af bæredygtige biomasseråmaterialer. Der er et betydeligt potentiale for at reducere kapitalomkostningerne med 25-50 % og råstofomkostningerne med 10-20 %, nærmere bestemt gennem FoI, udbredelse i stor skala og samforarbejdning i eksisterende anlæg.

²¹² COM/2021/555 final ("Forslag til Europa-Parlamentets og Rådets forordning om ændring af forordning (EU) 2018/842 om bindende årlige reduktioner af drivhusgasemissioner for medlemsstaterne fra 2021 til 2030 som bidrag til klimaindsatsen med henblik på opfyldelse af forpligtelserne i Parisaftalen").

²¹³ COM/2021/551 final ("Forslag til Europa-Parlamentets og Rådets direktiv om ændring af direktiv 2003/87/EF om et system for handel med kvoter for drivhusgasemissioner i Unionen, afgørelse (EU) 2015/1814 om oprettelse og drift af en markedsstabilitetsreserve i forbindelse med Unionens ordning for handel med kvoter for drivhusgasemissioner og forordning (EU) 2015/757").

²¹⁴ De vigtigste politiske drivkræfter i sektoren er CO₂-emissionsstandarder og forordningen om infrastruktur for alternative brændstoffer (AFIR), der er foreslået som en del af Fit for 55-pakken.

²¹⁵ SWD(2021) 633 final, ("Konsekvensanalyse, der ledsager forslaget til Europa-Parlamentets og Rådets forordning om sikring af lige konkurrencevilkår for bæredygtig lufttransport").

²¹⁶ COM(2021) 562 final ("Forslag til forordning om anvendelsen af vedvarende og kulstoffattige brændstoffer i søtransport").

²¹⁷ 50 % for e-brændstoffer. De nuværende omkostninger til e-brændstof på 7 EUR/liter forventes at falde til 1-3 EUR/liter frem til 2050 som følge af stordriftsfordele, læringseffekter og et forventet fald i prisen på elektricitet fra vedvarende energikilder.

Den private venturekapital til finansiering af FoI i biobrændstoffer²¹⁸ udgjorde i gennemsnit 250 mio. EUR om året i 2010-2021. USA og Canada dominerede (om end med forskellige definitioner af biobrændstoffer), mens EU's andel kun har været 6 % i de sidste fem år. EU ligger imidlertid i spidsen med dobbelt så mange patenter af høj værdi som USA. Kina har de fleste patenter af lav innovationsværdi, og EU's patentansøgninger er stigende i USA og Kina.

Global markedsanalyse: EU har ca. 7 % af værdien af det globale marked for biobrændstoffer (dvs. ca. 105 mia. EUR i 2020), som hovedsagelig stammer fra første generation af biodiesel. Omsætningen toppede med 14,4 milliarder EUR i 2018²¹⁹, hvoraf størstedelen blev genereret i Frankrig, Tyskland og Spanien. Der blev skabt 250 000 direkte og indirekte job i hele værdikæden i EU. EU er også hjemsted for 29 % af verdens innovationsvirksomheder, mens USA og Japan har flest.

Sektoren for avancerede biobrændstoffer er kun lige ved at komme i gang. Antallet af kommercielle anlæg er stadig ret lavt, og den internationale handel er meget begrænset. EU er førende i verden med 19 af de 24 kommercielle anlæg til fremstilling af avancerede biobrændstoffer, der er i drift. Sverige og Finland har flest (12 tilsammen)²²⁰.

Alle biobrændstoffer kan handles internationalt. Den internationale handel er lavere end for de fossile brændstoffer og eksisterer knap nok for avancerede biobrændstoffer. EU's import af biobrændstoffer har været konstant stigende siden 2014. EU havde et handelsunderskud på over 2 mia. EUR for biobrændstoffer i 2021, hvor importen hovedsagelig kom fra Argentina, Kina og Malaysia. Nederlandene og Tyskland er de største EU-producenter og globale eksportører af biobrændstoffer.

Det kan konkluderes, at selv om den installerede og planlagte produktionskapacitet for vedvarende brændstoffer for 2030 er minimal, og potentialet i avancerede biobrændstoffer fra bæredygtige råmaterialer i EU er begrænset, kan denne sektor ikke desto mindre bidrage til Fit for 55-besparelsesmålene for drivhusgasemissioner og i tilstrækkelig grad dække en eventuel forsinkelse i elektrificeringen af transportsektoren. Visse tekniske og økonomiske risici skal stadig overvindes for fuldt ud at udnytte potentialet i vedvarende brændstoffer inden for transportsektoren. Omkostningerne ved alle vedvarende brændstoffer og navnlig syntetiske brændstoffer er stadig høje, fordi de er afhængige af priserne på vedvarende energi og brint. Ikke desto mindre er avancerede biobrændstoffer afhængige af lokale bæredygtige biomasseressourcer og korte forsyningskæder, der skaber et stort antal kvalificerede job, mindsker energifattigdom og fremmer industriens konkurrenceevne. EU er klart førende på markedet inden for operationelle kommercielle anlæg til avancerede biobrændstoffer og innovationer af høj værdi. EU's virksomheder er i øjeblikket blandt verdens ti største, men de risikerer at miste deres teknologiske førerposition på grund af manglende privat finansiering.

²¹⁸ Private investeringer omfatter venturekapital, angel- og seed-kapital samt tilskud. 57 % af investeringerne siden 2010 har været i USA, 28 % i Canada og kun 10 % i hele EU (JRC CETO 2022 Advanced Biofuels Report).

²¹⁹ Ifølge Advanced Biofuels havde Frankrig den største omsætning i 2020 (lidt over 2 500 mio. EUR), efterfulgt af Tyskland og Spanien (ca. 1 500 mio. EUR hver) og Ungarn, Rumænien og Polen (lidt under 1 000 mio. EUR hver) (se Observatoriet for Ren Energiteknologi: Advanced biofuels in the European Union — 2022 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets, JRC130727).

²²⁰ Sverige har otte fabrikker, Finland har fire, Spanien og Italien har hver to, og Frankrig og Nederlandene har hver én. Uden for EU har USA to og Kina, Indonesien, Japan og Norge hver én (JRC CETO 2022 Advanced Biofuels Report).

Ud over den energi, der produceres på hjemmemarkedet, bør eksportpotentialet i de underliggende europæiske teknologier derfor også tages i betragtning.

3.7. Intelligente teknologier til energiforvaltning

EU's og medlemsstaternes politiske beslutningstagning har klart anerkendt betydningen af intelligente elnet i de seneste år. EU-strategien for integration af energisystemet fra 2020²²¹ anerkendte betydningen af intelligente net for at nå EU's energi- og klimapolitiske mål. I den reviderede forordning om den transeuropæiske energiinfrastruktur fra 2022²²² henvises der til udbredelsen af intelligent elektricitet som et prioriteret tematisk område²²³. I deres genopretnings- og resiliensplaner anerkendte medlemsstaterne digitale løsnings potentiale til at opgradere elnettenes intelligens²²⁴. Elektrificeringen og anvendelsen af intelligens i nettet skrider frem, men der er behov for mere for at styrke elinfrastrukturen med henblik på at gennemføre REPowerEU-planen. Udfordringerne omfatter reduktion, datadeling mellem forskellige aktører, fleksibilitet, interoperabilitet og teknologisk parathed. EU's handlingsplan for digitalisering af energisystemet²²⁵ indeholder en række foranstaltninger til at overvinde disse hindringer.

I betragtning af det store antal og den brede vifte af intelligente energiteknologier fokuserer dette afsnit på at fremlægge en vurdering af den relevante teknologiske og markedsmæssige udvikling for blot tre centrale teknologier: i) avanceret målerinfrastruktur, ii) energistyringssystemer i hjemmet og iii) intelligent opladning af elektriske køretøjer.

i) Avanceret målerinfrastruktur (AMI)

AMI-systemer²²⁶ giver mange fordele for både energitjenesteleverandører og forbrugere, herunder reducerede elregninger grundet bedre forbrugsstyring, bedre overvågning af nettet og dermed bedre styring af afbrydelser, lavere omkostninger til netopdateringer som følge af bedre styring af spidsbelastningsperioder og bedre kundekontrol gennem brug af avanceret kundeinfrastruktur (dvs. intelligente applikationer og webportaler)²²⁷.

Udrulningen af intelligente målersystemer skrider frem i EU, selv om den skal fremskyndes yderligere. I 2020 var kun 43 % af forbrugerne udstyret med en intelligent elmåler (svarende til ca. 123 mio. enheder i EU og Det Forenede Kongerige)²²⁸. De funktioner, som AMI tilbyder,

²²¹ COM(2020) 299 final ("Styrkelse af en klimaneutral økonomi: En EU-strategi for integration af energisystemet").

²²² EUT L 152 af 3.6.2022. Europa-Parlamentets og Rådets forordning (EU) 2022/869 af 30. maj 2022 om retningslinjer for den transeuropæiske energiinfrastruktur, om ændring af forordning (EF) nr. 715/2009, (EU) 2019/942 og (EU) 2019/943 og af direktiv 2009/73/EF og (EU) 2019/944 og om ophævelse af forordning (EU) nr. 347/2013.

²²³ Forordningen kræver, at projekter vedrørende intelligente net bidrager til mindst to af følgende kriterier: i) forsyningsikkerhed, ii) markedsintegration, iii) netsikkerhed, fleksibilitet og forsyningskvalitet samt iv) intelligent sektorintegration.

²²⁴ Europa-Kommissionen, Resultattavle for genopretning og resiliens. *Thematic Analysis: Digital public services*, december 2021.

²²⁵ COM(2022) 552 final, Digitalisering af energisystemet — EU-handlingsplan.

²²⁶ AMI-systemer består af forskellige komponenter. Intelligente målere er kernen og suppleres af kommunikationsnetværk og datastyringssystemer.

²²⁷ Advanced Metering Infrastructure and Customer Systems, *Results from the Smart Grid Investment Grant Program*, Office of Electricity Delivery and Energy Reliability, U.S. Department of Energy, https://www.energy.gov/sites/prod/files/2016/12/f34/AMI%20Summary%20Report_09-26-16.pdf.

²²⁸ Estland, Spanien, Italien, Finland og Sverige: 90 %, Danmark, Frankrig, Luxembourg, Malta, Nederlandene og Slovenien: 70-90 %, Letland og Portugal: 50-70 %, Grækenland, Østrig og Det Forenede Kongerige: 20-50 % (Vitiello, S., Andreadou, N., Ardelean, M. og Fulli, G., Smart Metering Roll-Out in Europe: Where Do We Stand? Cost Benefit

varierer: I de fleste lande giver de via en målergrænseflade detaljerede oplysninger om forbrugsdata (f.eks. forbrugsniveau/dato/tidspunkt) og/eller oplysninger om kumulative forbrugsdata.

Udnyttelse af det fulde potentiale ved AMI vil kræve yderligere integration med energistyringssystemer i hjemmet og intelligente apparater (herunder intelligent opladning af elektriske køretøjer) samt med nye energitjenester.

ii) System til styring af energi i hjemmet (HEMS)

Den stigende udbredelse af intelligente apparater²²⁹ viser, at HEMS bør blive knudepunkt for dataaggregering, -optimering og -eksternalisering til tredjeparter (f.eks. energiformidlere og tjenesteudbydere). Kommissionen er i færd med at udarbejde en adfærdskodeks for producenter af energiintelligente apparater, som vil definere interoperabilitetskrav og principperne for datadeling mellem apparater, automatiseringssystemer til boliger og bygninger, opladere til elektriske køretøjer, aggregatorer og distributionssystemoperatører²³⁰.

De nuværende energistyringsløsninger til hjemmet spænder fra applikationer til direkte energiovervågning for kunderne til white-label-softwareplatforme til forsyningsselskabernes kunder, som senere kan udrulles til slutbrugerne. Ud over "traditionelle" virksomheder med erfaring inden for energi og/eller elektronik²³¹ distribuerer store softwarevirksomheder som Google, Apple og Cisco nu også HEMS-produkter²³². Denne tendens understreger den stigende rolle, som softwareudvikling spiller for tingenes internet (IoT).

Efterspørgslen efter HEMS forventes at stige betydeligt i de kommende år. F.eks. forventes det tyske marked, som er det største nationale HEMS-marked i EU, at vokse til næsten 460 mio. USD (544 mio. EUR²³³) i 2027, og det franske HEMS-marked kan opleve en samlet årlig vækstrate (CAGR) på 20,3 % mellem 2021 og 2027²³⁴. Dette afspejler de globale tendenser. Det globale HEMS-marked blev anslået til 2.1 mia. USD i 2021 (2,5 mia. EUR²³⁵) og kan vokse til 6 mia. USD (7 mia. EUR²³⁶) i 2027 (med en samlet årlig vækstrate på 16,5 % i perioden 2022-2027)²³⁷. På

Analyses in the Clean Energy Package and Research Trends in the European Green Deal, Energies, bind 15, s. 2340, 2022, <https://doi.org/10.3390/en15072340>.

²²⁹ Eksempler herpå er intelligente termostater, intelligente stikpropper, intelligent belysning samt decentrale energiapparater som solceller og elektriske køretøjer.

²³⁰ [Support on the development of policy proposals for energy smart appliances | JRC Smart Electricity Systems and Interoperability \(europa.eu\)](https://ec.europa.eu/jrc/en/smart-electricity-systems-and-interoperability).

²³¹ F.eks. Fortum (FI), ENEL X (IT), Bosch (DE), NIBE (SE) og Schneider Electric (FR). HEMS-leverandører blev præsenteret i detaljer i Kommissionens rapport om konkurrenceevnen fra 2021 (SWD(2021) 307 final, [arbejdsdokument fra Kommissionens tjenestegrene](#)).

²³² Googles Home, Apples Siri og Ciscos energistyringstjeneste er eksempler på HEMS.

²³³ I dette afsnit anvendes en gennemsnitlig vekselkurs på 1,1827 EUR for 1 USD i 2021. https://www.ecb.europa.eu/stats/policy_and_exchange_rates/euro_reference_exchange_rates/html/eurofxref-graph-usd.en.html.

²³⁴ Delta-EE, <https://www.delta-ee.com/research-services/home-energy-management/>.

²³⁵ I dette afsnit anvendes en gennemsnitlig vekselkurs på 1,1827 EUR for 1 USD i 2021. https://www.ecb.europa.eu/stats/policy_and_exchange_rates/euro_reference_exchange_rates/html/eurofxref-graph-usd.en.html.

²³⁶ I dette afsnit anvendes en gennemsnitlig vekselkurs på 1,1827 EUR for 1 USD i 2021. https://www.ecb.europa.eu/stats/policy_and_exchange_rates/euro_reference_exchange_rates/html/eurofxref-graph-usd.en.html.

²³⁷ IMARC group: Home Energy Management System Market Size and Share 2022-2027, <https://www.imarcgroup.com/home-energy-management-systems-market?msclkid=5440b237b02f11ecae445030f049ab37>.

nuværende tidspunkt er det imidlertid uklart, om HEMS kun vil hjælpe forbrugerne med at optimere deres forbrug og komfort, eller om de også vil muliggøre efterspørgselsrespons og fleksibilitet i stor skala.

iii) Intelligent opladning af elektriske køretøjer

Intelligent opladning af elektriske køretøjer vil være afgørende for at maksimere synergierne mellem elektriske køretøjer, produktion af vedvarende energi og netjenester. Tempoet i udrulningen af elektriske køretøjer betyder, at elektriske køretøjer ikke forventes at skabe en efterspørgselskrise på kort til mellemlang sigt²³⁸, men de kan ændre belastningskurven²³⁹. Virkningerne af intelligent opladning af elektriske køretøjer kan være større i regioner og lokalområder, hvor en høj koncentration af elektriske køretøjer møder en mindre robust netinfrastruktur. Intelligente opladningsteknikker for elektriske køretøjer kan potentielt levere balancerings tjenester til nettet og reducere begrænsningen af vedvarende energi og dermed mindske behovet for netopgraderinger.

Intelligent opladning omfatter en række prismæssige og tekniske opladningsmuligheder og findes i tre former: ensrettet køretøj-til-net (V1G), dobbeltrettet køretøj-til-net (V2G) og køretøj-til-hjem eller bygning (V2H-B). De vigtigste aktører på markedet for intelligent opladning af elektriske køretøjer omfatter ABB (Sverige/Schweiz), Bosch Automotive Service Solutions Inc. (Tyskland), Schneider Electric (Frankrig), GreenFlux og Alfen N.V. (Nederlandene), Virta (Finland), Driivz og Tesla (USA).

Det globale marked for intelligent opladning af elektriske køretøjer er tydeligvis ved at tage fart med en anslået værdi på 1,52 mia. USD (1,77 mia. EUR²⁴⁰) i 2020 og en samlet årlig vækstrate (CAGR) på 32,42 % mellem 2021 og 2031²⁴¹. I modsætning til mere modne V1G-løsninger er V2G og V2H-B imidlertid endnu ikke nået til den brede markedsudrulningsfase, selv om antallet af pilotprojekter og demonstrationer er stigende.

Indførelsen af intelligent opladningsinfrastruktur i stor skala vil medføre to udfordringer: For det første vil det være nødvendigt at konsolidere standardiseringen af kommunikationsgrænseflader mellem ladestander, elektriske køretøjer og distributionsnet, og for det andet vil det være nødvendigt at dække en stigende efterspørgsel efter råstoffer²⁴².

AMI-systemer, HEMS og intelligent opladning af elektriske køretøjer forventes at gøre yderligere fremskridt. Indførelsen af AMI-systemer har været langsommere end oprindeligt planlagt. Der er behov for yderligere integration med HEMS og intelligente apparater for fuldt

²³⁸ Simuleringer af distributionsnettet i Tyskland viser, at kravene til opgradering af nettet er ret lave, indtil elektriske køretøjer når op på omkring 20 % af den samlede køretøjsmasse (VertgeWall, C.M. et al., Modelling Of Location and Time Dependent Charging Profiles of Electric Vehicles Based On Historical User Behaviour, CIRED 2021 — The 26th International Conference and Exhibition on Electricity Distribution, 2021).

²³⁹ McKinsey&Company, McKinsey Center for future mobility, The potential impact of electric vehicles on global energy systems, 2018

²⁴⁰ I dette afsnit anvendes en gennemsnitlig vekselkurs på 1,1827 EUR for 1 USD i 2021.
https://www.ecb.europa.eu/stats/policy_and_exchange_rates/euro_reference_exchange_rates/html/eurofxref-graph-usd.en.html.

²⁴¹ Transparency market research, Smart EV Charger Market: 2021-2031, 2021.

²⁴² Råmaterialer såsom rustfrit stål, kobber, aluminium, polycarbonater, elastomerer og termoplastiske polyurethaner anvendes til fremstilling af kritiske komponenter i ladestationer til elektriske køretøjer (indkapslinger, kabler, forbindelsesdele, kabelisolering og -kapper samt fleksible kanaler). Silicium og germanium er vigtige råmaterialer til fremstilling af elektroniske kredsløb og printplader.

ud at udnytte AMI-systemernes muligheder. Den stigende tilstedeværelse af intelligente apparater bør føre til en betydelig stigning i efterspørgslen efter HEMS. Det globale marked for intelligent opladning af elektriske køretøjer bør også begynde, men udfordringerne skal overvindes.

3.8. Vigtigste resultater vedrørende andre rene energiteknologier

Ovenstående afsnit fokuserer på de rene energiteknologier og -løsninger, der blev analyseret i 2021²⁴³. De andre vigtige rene energiløsninger, der præsenteres i dette afsnit, er behandlet i de ledsagende CETO-rapporter²⁴⁴. Disse teknologier befinder sig på forskellige udviklingsstadier og udvikler sig i forskellige sammenhænge. Det betyder, at de hver især har deres egne konkurrencemæssige udfordringer og muligheder.

Vandkraft²⁴⁵ er f.eks. blevet udbredt betydeligt i hele EU. Den installerede kapacitet var på 151 GW i 2021, en stigning på +6 GW i forhold til 2011, hvilket svarer til ca. 12 % af EU's nettoelproduktion. EU's 44 GW pumpet vandkraft repræsenterer næsten hele EU's ellagringskapacitet og sikrer fleksibilitet i elnettet og vandlagringskapaciteten. Med en aldrende flåde får bæredygtig renovering af den eksisterende vandkraftkapacitet stadig større betydning, og det giver mulighed for at gøre vandkraftflåden mere modstandsdygtig over for klimaændringer og markedsændringer. EU er førende inden for FoI og har 33 % af alle opfindelser af høj værdi på verdensplan (2017-2019) og huser 28 % af alle innovative virksomheder. På et globalt ekspanderende marked tegnede EU sig også for 50 % af den samlede globale eksport af vandkraft til en værdi af 1 mia. EUR i 2019-2021. En fuld udnyttelse af vandkraftens potentiale vil imidlertid kræve, at EU overvinder udfordringerne i forbindelse med social accept og miljøvirkninger fra nye anlæg og reservoirer. Virkningerne af klimaændringerne påvirker også vandkraften i Europa på forskellige måder, og vandkraftreservoirer kan spille en rolle med hensyn til at afbøde nogle af disse virkninger. Det er vigtigt at anerkende de yderligere fordele (ud over energiproduktion) ved multifunktionelle vandkraftreservoirer og tilskynde til mere bæredygtige (dvs. mindre belastende) vandkraftteknologier og -foranstaltninger.

Et stigende antal anvendelser af **havenergi**²⁴⁶ finder sted. På lang sigt kan havenergi i betragtning af ressourcepotentialet bidrage med op til 10 % af EU's energibehov. I EU's strategi for vedvarende offshoreenergi²⁴⁷ fra 2020 blev der foreslået specifikke kapacitetsmål for havenergi med et langsigtet mål på mindst 40 GW senest i 2050. EU-virksomheder er førende inden for havenergisektoren, og de fleste virksomheder har hjemsted i EU-landene. Anvendelsen i og uden for EU er stigende med hensyn til installeret kapacitet. Individuelle enheder bidrager allerede til nettet i længere perioder²⁴⁸. Der er imidlertid behov for fortsatte

²⁴³ COM(2021) 952 final ("Fremskridt med hensyn til konkurrenceevnen for rene energiteknologier").

²⁴⁴ https://setis.ec.europa.eu/publications/clean-energy-technology-observatory-ceto_en.

²⁴⁵ Quaranta, E. et al, Observatoriet for Ren Energiteknologi, Hydropower and Pumped Hydropower Storage in the European Union — Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets, Europa-Kommissionen, 2022, JRC130587.

²⁴⁶ Herunder teknologier til omdannelse af bølgeenergi, tidevandsaltgradientenergi og termisk havenergi.

²⁴⁷ COM(2020) 741 final, ("En EU-strategi for udnyttelse af potentialet i offshore vedvarende energi med en klimaneutral fremtid for øje").

²⁴⁸ MeyGen 1A tidevandsenergi (UK) har været i drift siden april 2018, Mutriku bølgeenergi (ES) siden juli 2011 og Shetland tidevandsenergi siden 2016.

omkostningsreduktioner og sikring af bæredygtighed, hvis bølge- og tidevandsenergiteknologier skal etableres på elmarkedet og være konkurrencedygtige i forhold til andre vedvarende energikilder. Der er også behov for yderligere finansiering til afprøvning og markedsudbredelse for at de kan udbredes i stor skala.

Geotermisk²⁴⁹ energi har oplevet vækst både for kraftværker og for fjernvarme og fjernkøling, om end i et langsomt tempo sammenlignet med andre rene energiteknologier. I 2021 blev yderligere to geotermiske kraftværker sat i drift i Tyskland med en kapacitet på 1 MWe og 5 MWe²⁵⁰ — hvilket bragte EU's samlede kapacitet op på 0,877 GWe — mens den samlede installerede kapacitet på verdensplan var på ca. 14,4 GWe. I 2021 nåede den samlede installerede geotermiske fjernvarme- og fjernkølingskapacitet op på 2,2 GWth i EU med over 262 systemer. Den største vækst finder sted i Frankrig, Nederlandene og Polen. Forbedrede geotermiske systemer står stadig over for en række innovationsudfordringer, som vil kræve yderligere FoI. Det er afgørende at mindske risikoen ved at investere i geotermiske energiprojekter for at udnytte det enorme potentiale i geotermisk energi. I EU vedrører de største udfordringer omkostningseffektivitet og miljøpræstationer.

Koncentreret solenergi og varme²⁵¹ (CSP) kan bidrage væsentligt til elproduktion på steder med høj direkte solindstråling, men kun en brøkdel af potentialet er hidtil blevet udnyttet. I 2021 var den installerede kapacitet på verdensplan ca. 6,5 GW, med 2,4 GW installeret i EU. Der er også et stort EU-marked for industriel procesvarme, som delvist kan udnyttes af koncentrerede solvarmesystemer. En undersøgelse af dette potentiale for el- og procesvarme med finansielle og andre støtteforanstaltninger vil gøre det nemmere for EU at klare den internationale konkurrence. Dette er særlig vigtigt, da kinesiske organisationer er ved at blive internationale udviklere af CSP-projekter, som er et område, hvor EU-virksomheder traditionelt har været førende. CSP har vist betydelige fremskridt med hensyn til omkostningsreduktion og med hensyn til at etablere sig som en pålidelig løsning. Europæiske organisationer spiller en ledende rolle inden for forskning og teknologisk udvikling. EU's forskere er de førende udgivere af videnskabelige artikler og ophavsmænd til patenter af høj værdi, der øger effektiviteten og reducerer omkostningerne, som fastsat i gennemførelsesplanen for CSP i den strategiske energiteknologiplan (SET-planen)²⁵². I den forbindelse vil FoI spille en central rolle, og der vil fortsat blive ydet konkret støtte på EU-plan som bebudet i EU's nye strategi for solenergi.

Fremskridtene med **anvendelse og lagring af CO₂ (CCUS)** er steget i de seneste år, men der er stadig kun et lille antal anlæg i drift i EU. Frankrig, Tyskland og Nederlandene er førende med hensyn til offentlige og private investeringer i forskning og innovation og i førende patenteringsvirksomheder. Der er fortsat en række hindringer for udviklingen af CCUS, især med hensyn til gennemførelse af lovgivningen²⁵³, økonomi, risici og usikkerheder samt

²⁴⁹ Bruhn, D. et al, Observatoriet for Ren Energiteknologi: *Deep Geothermal Energy in the European Union — 2022 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets*, Europa-Kommissionen. 2022, JRC130585

²⁵⁰ European Geothermal Energy Council, 2021 EGEC Geothermal Market Report.

²⁵¹ Taylor, N. et al., Observatoriet for Ren Energi: *Concentrated Solar Power and Heat in the European Union — 2022 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets*, Europa-Kommissionen, doi. , 2022, doi: 10.2760/080204, JRC130811.

²⁵² https://setis.ec.europa.eu/implementing-actions/csp-ste_en.

²⁵³ F.eks. ratificeringen af Londonprotokollen.

offentlighedens accept. 11 store CCS- og CCU-projekter er blevet udvalgt til EU-støtte fra Innovationsfonden.

Bioenergi²⁵⁴ tegner sig i øjeblikket for næsten 60 %²⁵⁵ af den vedvarende energiforsyning i EU. Bioenergi er fortsat vigtig for omstillingen af flere medlemsstaters energisektorer, fordi den bidrager til at dekarbonisere økonomien og samtidig øge energisikkerheden og diversificeringen. Den forventede stigning i biomasse betyder, at det er vigtigt for EU at sikre, at bioenergi tilvejebringes og anvendes bæredygtigt, og at undgå negative indvirkninger på biodiversiteten og kulstofdræn og -lagre. Forslaget til revision af direktivet om vedvarende energi omfatter strengere bæredygtighedskriterier for bioenergi og indfører et krav om, at medlemsstaterne skal anvende kaskadeprikkippet i deres finansielle støtteordninger. Bæredygtigt produceret biomethan, der navnlig er baseret på organisk affald og restprodukter, kan bidrage til REPowerEU-målet om at mindske EU's afhængighed af importerede fossile brændstoffer. Forpligtelsen til at indsamle organisk affald særskilt senest i 2024 udgør en stor mulighed for bæredygtig biogasproduktion i de kommende år. Bioenergi leverer fleksibel elproduktion, skaber balance i elnettet og spiller en central rolle med hensyn til at muliggøre store andele af variable vedvarende energikilder såsom vind- og solenergi i elnettene.

Atomenergi med 103 kraftreaktorer (101 GWe) i EU i 2022 producerer ca. en fjerdedel af EU's elektricitet og leverer ca. 40 % af EU's kulstoffattige elektricitet²⁵⁶. Sammen med vedvarende energi indgår atomkraft i EU's strategiske langsigtede plan for en klimaneutral økonomi senest i 2050. REPowerEU-planen anerkender endvidere den rolle, som atombaseret brint spiller med hensyn til at erstatte naturgas i produktionen af fossilfri brint. Atomkraftens potentielle bidrag til det fremtidige kulstoffattige energimiks afhænger af forskning og innovation, der sigter mod stadig sikrere og renere nukleare teknologier (både konventionelle og avancerede). Adskillige forsyningsselskaber og forskningsorganisationer fra mindst syv EU-medlemsstater har vist interesse for nye mindre og modulære kernekraftreaktorer²⁵⁷, som kan kobles til kulstoffri elektricitet og ikke-elektrisk energiproduktion som f.eks. industri- og fjernvarme og brintproduktion. Interesserede industrielle og statslige aktører i EU er drivkraften bag en proces hen imod en europæisk industrimodel for mindre og modulære atomreaktorer, der skal tages i brug i begyndelsen af 2030'erne.

4. KONKLUSION

Den hurtige udvikling og udbredelse af egne rene energiteknologier i EU er afgørende for en omkostningseffektiv, klimavenlig og socialt retfærdig reaktion på den nuværende energikrise.

Som reaktion på de hidtil usete høje energipriser har EU hurtigt foreslået en række foranstaltninger, der vil **beskytte forbrugere og virksomheder**, herunder sårbare husholdninger og aktører i industrien for ren energiteknologi, samtidig med at det sikres, at klima- og energimålene for 2030 og 2050 nås.

²⁵⁴ Motola, V. et al, Observatoriet for Ren Energiteknologi: Bioenergy in the European Union — 2022 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets, Europa-Kommissionen, 2022, JRC130730.

²⁵⁵ Dette tal omfatter biobrændstoffer, der tegner sig for ca. 7 %.

²⁵⁶ World Nuclear Association, Nuclear Power in the European Union, tabellen "EU nuclear power", websted tilgængeligt den 14. oktober 2022.

²⁵⁷ Europa-Kommissionen, Small Modular Reactors and Medical Applications of Nuclear Technology, EU's Publikationskontor, Luxembourg, 2022.

Sideløbende hermed bør EU fortsætte sine bestræbelser på at **mindske sin afhængighed af og effektivt diversificere sine indkøb af råstoffer**, da deres stigende priser i alvorlig grad påvirker konkurrenceevnen for rene energiteknologier. Den bebudede europæiske lov om råstoffer af kritisk betydning²⁵⁸ har til formål at bidrage til at nå disse ambitioner. EU er også nødt til at **udbyde det internationale samarbejde og afhjælpe manglen på kvalificeret arbejdskraft** inden for forskellige segmenter af ren energiteknologi, samtidig med at der sikres et kønsbalanceret og ligeværdigt miljø. Forslaget om at gøre 2023 til det europæiske år for færdigheder er et skridt i retning af at øge antallet af faglærte arbejdstagere.

Flere offentlige og private investeringer i forskning og innovation inden for ren energi, opskalering og økonomisk overkommelig udbredelse er af afgørende betydning. EU's lovgivningsmæssige og finansielle rammer spiller en afgørende rolle i den forbindelse. Sammen med gennemførelsen af den nye europæiske innovationsdagsorden er EU's finansieringsprogrammer, **øget samarbejde** mellem medlemsstaterne og en løbende **overvågning af nationale FoI-aktiviteter** afgørende for at udforme et virkningsfuldt økosystem for FoI i EU og slå bro over kløften mellem forskning og innovation og markedsudbredelsen og dermed styrke EU's konkurrenceevne.

Rapporten bekræfter²⁵⁹, at **EU fortsat er førende inden for forskning i ren energi**, og at investeringerne i FoI er støt stigende (om end de ligger under niveauet fra før finanskrisen). På globalt plan er EU fortsat førende inden for "grønne" opfindelser og patenter af høj værdi, og EU er den største patentansøger på verdensplan inden for klima og miljø (23 %), energi (22 %) og transport (28 %). EU's globale andel af videnskabelige publikationer er faldet, men EU's videnskabsfolk samarbejder og offentliggør internationalt publikationer om emner inden for ren energi i et omfang, der ligger et godt stykke over det globale gennemsnit. Derudover udviser EU et højere niveau af offentligt-privat samarbejde.

Omsætningen og bruttoværditilvæksten i EU's sektor for vedvarende energi er fortsat med at stige siden 2019, og EU's produktion af de fleste rene energiteknologier og -løsninger viste samme tendens i 2021. Selv om EU har opretholdt en positiv handelsbalance inden for en række teknologier såsom vindkraft, er handelsunderskuddet for andre, f.eks. varmepumper, biobrændstoffer og solcelleenergi, steget. Denne generelle tendens skyldes til dels EU's stigende efterspørgsel efter sådanne teknologier.

Med hensyn til specifikke rene energiteknologier viser rapporten, at EU's vindsektor fortsat er førende i verden inden for forskning, innovation og patenter af høj værdi i 2022 og opretholder en positiv handelsbalance. Konkurrencen er dog stadig hård, og vindenergiindustrien vil skulle overvinde den nuværende ugunstige situation, også på grund af den stigende globale efterspørgsel efter sjældne jordarter og forstyrrelser i forsyningskæden. Sektoren vil skulle fordoble sin nuværende årlige anlægskapacitet for at nå REPowerEU-målene. EU har også bekræftet sin position i 2022 som et af de største markeder for **solcelleanlæg** og som en stærk innovator, navnlig inden for fremspirende solcelleteknologier. Set fra et værdikædeperspektiv halter EU stadig bagefter Asien og har en stærk afhængighed af flere afgørende komponenter.

²⁵⁸ Som meddelt af formanden for Europa-Kommissionen i hendes tale om Unionens tilstand den 14. september 2022. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/da/SPEECH_22_5493.

²⁵⁹ Som i den foregående udgave: COM(2021) 952 final og SWD(2021) 307 final ("Fremskridt med hensyn til konkurrenceevnen for rene energiteknologier").

Innovative løsninger og fortsatte teknologiske fremskridt giver yderligere muligheder for udbredelse i EU.

EU står ved en skillevej for flere teknologier. Der er stadig en række udfordringer, som skal overvindes for at udnytte dem fuldt ud. Sektoren for **varmepumper** vil skulle fremskynde sin allerede hastigt voksende udbredelse og sikre systemer til overkommelige priser (navnlig for lavindkomsthusholdninger og SMV'er), og EU-leverandører vil skulle øge produktionen for at bevare deres markedsandel i forhold til tredjelande. Med hensyn til **batteriproduktion** er EU på vej til næsten at opnå selvforsyning inden 2030, men manglen på råmaterialer fra hjemmemarkedet og produktionskapacitet for avancerede materialer udgør fortsat udfordringer. Der er behov for yderligere bestræbelser for at øge genanvendelseskapaciteten og etablere teknologisk kapacitet til billigere lagring/langsigtet lagring. Hvad angår **brintproduktion ved hjælp af elektrolyse** drager EU fordel af sin stærke, omfattende tilgang til at skabe efterspørgsel og udbud. EU's position i værdikæden varierer (f.eks. er EU førende inden for fastoxidelektrolyse, men er ikke konkurrencedygtig inden for alkalisk teknologi). Kraftige stigninger i elpriserne og afhængigheden af kritiske råstoffer er nogle af de største udfordringer. EU er klart førende på markedet inden for operationelle kommercielle anlæg for **vedvarende brændstoffer** og innovationer af høj værdi. Selv om den installerede og planlagte produktion for 2030 er begrænset, kan vedvarende brændstoffer bidrage til alle Fit for 55-målene for emissionsbesparelser, hvis der tages højde for visse tekniske og økonomiske risici. Innovation i EU's **digitale energiinfrastruktur** vil være afgørende for at sikre, at elnettet er egnet til det fremtidige energisystem. Efterspørgslen efter HEMS og intelligent opladning af elektriske køretøjer er ved at tage fart og forventes at vokse, og udrulningen af et intelligent målersystem skrider fremad i EU (om end i et langsommere tempo end planlagt).

På trods af de lovende positive tendenser, der er observeret i EU's innovationsøkosystem, er der behov for en yderligere indsats for at tackle strukturelle hindringer og samfundsmæssige udfordringer, der i højere grad hæmmer EU-baserede nystartede virksomheder og vækstvirksomheder end i andre større økonomier. For at udnytte sit potentiale til at blive førende på verdensplan inden for klimateknologi og avanceret teknologi er EU nødt til at udnytte sine forskellige talenter, intellektuelle aktiver og industrielle kapaciteter og få private investorer til at deltage mere aktivt i finansieringen af nystartede virksomheder inden for klimateknologi og Deep Tech-klimateknologi.

Kommissionen vil fortsat overvåge udviklingen i sektoren for ren energi og videreudvikle sin metodologi og dataindsamling i samarbejde med medlemsstaterne og interessenterne. I den forbindelse vil Kommissionen ajourføre sin evidensbaserede metode til fremtidige udgaver af statusrapporten om konkurrenceevnen. Dette vil danne grundlag for politiske beslutninger og bidrage til at gøre EU konkurrencedygtigt, ressourceeffektivt, modstandsdygtigt, uafhængigt og klimaneutralt senest i 2050.

BILAG I: METODOLOGISK RAMME FOR VURDERING AF EU'S KONKURRENCEEVNE²⁶⁰

Del 1: Samlet konkurrenceevne for EU's rene energisektor	Del 2: Rene energiteknologier og -løsninger		
Makroøkonomisk analyse (aggregeret, pr. medlemsstat og pr. ren teknologi)	1. Teknologianalyse Nuværende situation og fremtidsperspektiver	2. Værdikædeanalyse af energiteknologisektoren	3. Global markedsanalyse
<p>Den seneste udvikling</p> <ul style="list-style-type: none"> - energipriser og -omkostninger: nyere udviklingstendenser - udfordringer med hensyn til bæredygtighed og cirkularitet i forbindelse med rene energiteknologier, (kritisk) afhængighed af råstoffer i EU's sektor for ren energi og indvirkning på EU's konkurrenceevne. - konsekvenserne af covid-19 og genopretningen - menneskelige ressourcer og kompetencer 	<p>Installeret kapacitet, generering/produktion (i dag og i 2050)</p>	<p>Omsætning</p>	<p>Handel (import, eksport)</p>
<p>Forsknings- og innovationstendenser</p> <ul style="list-style-type: none"> - offentlige og private investeringer i FoI - patentering og patenter af høj værdi i EU og pr. medlemsstat 	<p>Omkostninger/normaliserede omkostninger ved elektricitet (LCoE)²⁶¹ (i dag og i 2050)</p>	<p>Bruttoværditilvækst Årlig, procentvis ændring</p>	<p>Globale markedsledere vs. EU-markedsledere (markedsandel)</p>
<p>Det globale konkurrenceprægede miljø for ren energi</p>	<p>Offentlig FoI-finansiering (MS og EU)</p>	<p>Antal virksomheder i forsyningskæden, inkl. EU-markedsledere</p>	<p>Ressourceeffektivitet og -afhængighed²⁶²</p>
<p>Finansieringslandskabet for innovation i EU (i forhold til større økonomier)</p>	<p>Private forsknings- og innovationsmidler</p>	<p>Beskæftigelse i værdikædesegment</p>	
<p>Den rolle, som systemiske ændringer spiller i sektoren for ren energi (f.eks. digitalisering, bygninger, energifællesskaber og subnationalt samarbejde)</p>	<p>Patenteringstendenser (inkl. patenter af høj værdi)</p>	<p>Energiintensitet/arbejdsproduktivitet</p>	
	<p>Niveauinddeling af videnskabelige publikationer</p>	<p>EF-produktion Årlige produktionsværdier</p>	

²⁶⁰ Vurderingen blev foretaget i tæt samarbejde med Europa-Kommissionens Observatorium for Ren Energiteknologi: Nærmere oplysninger om del 1 findes i Georgakaki, A. et al, Observatoriet for Ren Energi — Overall Strategic Analysis of Clean Energy Technology in the European Union — Statusrapport 2022, Europa-Kommissionen, 2022, JRC131001. For del 2 findes de enkelte teknologirapporter på https://setis.ec.europa.eu/publications/clean-energy-technology-observatory-ceto_en.

²⁶¹ Og — hvis de er til rådighed — de normaliserede lageromkostninger (LCoS).

²⁶² Segmenter i værdikæden, der er afhængige af kritiske råstoffer.